

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ / RESEARCH PAPER

УДК 69.003.12

DOI: 10.22227/1997-0935.2026.5.833-848

Формирование сметной документации на основе цифровой информационной модели для целей государственной экспертизы

Елена Владиславовна Кац¹, Нина Евгеньевна Смелницкая²

¹ *Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия;*

² *Региональные коммунальные системы; г. Балашиха, Московская область, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Формирование сметной документации (СД) объектов капитального строительства (ОКС) является одним из ключевых процессов инвестиционно-строительной деятельности, напрямую влияющим на достоверность определения стоимости и результаты государственной экспертизы. В условиях внедрения технологий информационного моделирования (ТИМ) возникает необходимость разработки методологических подходов к формированию СД на основе цифровых информационных моделей. Актуальность исследования обусловлена отсутствием единой методологической модели, обеспечивающей согласованность нормативных требований, структуры цифровых моделей и сметно-нормативной базы.

Материалы и методы. Методологическую основу исследования составили анализ нормативно-правовых актов Российской Федерации, научных публикаций отечественных и зарубежных авторов, а также практики проведения государственной экспертизы. Применены методы анализа, синтеза, классификации, формализации и информационного моделирования. Моделирование процессов выполнено с использованием нотации BPMN.

Результаты. Проведен анализ типовых замечаний органов государственной экспертизы, выявлены их системные причины, связанные с несогласованностью проектной и сметной информации. Выполнено сравнение традиционного и ТИМ-ориентированного подходов к формированию СД, показаны преимущества использования ЦИМ. Проанализированы функциональные возможности отечественного ТИМ-сметного программного обеспечения и выявлены ограничения, препятствующие полной автоматизации процессов. Предложена концептуальная модель формирования СД, включающая нормативный, информационный, программный уровни и уровень экспертизы.

Выводы. Результаты исследования подтверждают необходимость разработки единой методологической модели формирования СД из ЦИМ. Предложенная концептуальная модель обеспечивает систематизацию процессов и сохранение структурных и семантических связей данных, что способствует повышению качества СД и эффективности проведения государственной экспертизы.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: цифровая информационная модель, сметная документация, технологии информационного моделирования, государственная экспертиза, ценообразование в строительстве, ведомость объемов работ, ТИМ-сметное программное обеспечение, автоматизация сметных расчетов, BIM, 5D-моделирование

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Кац Е.В., Смелницкая Н.Е. Формирование сметной документации на основе цифровой информационной модели для целей государственной экспертизы // Вестник МГСУ. 2026. Т. 21. Вып. 5. С. 833–848. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.5.833-848

Автор, ответственный за переписку: Елена Владиславовна Кац, KatsEV@mgsu.ru.

Preparation of cost estimate documentation based on a digital information model for the purposes of state expertise

Elena V. Kats¹, Nina E. Smelnitskaya²

¹ *Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation;*

² *Regional utility systems; Balashikha, Moscow region, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The preparation of cost estimate documentation for capital construction projects is one of the key processes in investment and construction activities, directly affecting the accuracy of cost determination and the outcomes of state expert review. In the context of the implementation of Building Information Modelling (BIM) technologies, there is a need to develop methodological approaches to the preparation of cost estimate documentation based on digital information models.

Materials and methods. The methodological basis of the study includes the analysis of regulatory legal acts of the Russian Federation, scientific publications of Russian and international authors, as well as the practice of state expert review. The following research methods were applied: analysis, synthesis, classification, formalization, and information modelling. Process modelling was carried out using BPMN notation.

Results. An analysis of typical comments from state expert review bodies was conducted, and their systemic causes related to inconsistencies between design and cost estimate information were identified. A comparison of traditional and BIM-based approaches to cost estimate preparation was performed, demonstrating the advantages of using digital information models. The functional capabilities of domestic BIM-based cost estimation software were analyzed, and limitations preventing full automation were identified. A conceptual model for cost estimate documentation preparation was proposed, including regulatory, information, software, and expert review levels.

Conclusions. The results confirm the need to develop a unified methodological model for preparing cost estimate documentation based on digital information models. The proposed conceptual model ensures the structuring of processes and preservation of structural and semantic data relationships, contributing to improved quality of cost estimate documentation and increased efficiency of state expert review.

KEYWORDS: building information model, cost estimate documentation, building information modelling, state expert review, construction cost estimation, bill of quantities, BIM-based cost estimation software, automation of cost estimation, BIM, 5D modelling

FOR CITATION: Kats E.V., Smelnitskaya N.E. Preparation of cost estimate documentation based on a digital information model for the purposes of state expertise. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2026; 21(5): 833-848. DOI: 10.22227/1997-0935.2026.5.833-848 (rus.).

Corresponding author: Elena V. Kats, KatsEV@mgsu.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Ценообразование объекта капитального строительства (ОКС) — это один из самых важных процессов на всех этапах инвестиционно-строительной деятельности. Цель этого процесса состоит в том, чтобы определить стоимость с максимально возможной степенью достоверности с учетом актуальной проектной документации (ПД), а также результатов оценки рисков. Качество проектно-сметной документации (ПСД) определяется соответствием требованиям, установленным нормативными актами Российской Федерации. Контроль качества за соответствием осуществляется путем проведения экспертизы. Следует подчеркнуть, что ошибки, которые были допущены во время оценки стоимости строительства ОКС и не были обнаружены в ходе экспертизы, могут повлечь за собой административную или даже уголовную ответственность при наличии признаков завышения, нецелевого использования средств или подлога. Улучшение качества выполнения сметной документации (СД) является одной из важнейших задач в строительной отрасли.

Исходя из официальной информации, размещенной на сайте Федерального автономного учреждения «Главное управление государственной экспертизы» (далее — ФАУ «Главгосэкспертиза России»)¹, за 9 месяцев 2025 г. количество отрицательных заключений составило 15,0 %, за 2024 г. — 5,0 %.

Данное увеличение было достигнуто в том числе и из-за введения в действие с 1 января 2025 г. Постановления Правительства Российской Федерации от 28.12.2024 № 1967 «О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2022 г. № 579»², отменяющего возмож-

ность неоднократного продления срока прохождения государственной экспертизы ПД и инженерных изысканий. В соответствии с п. 29 Постановления Правительства Российской Федерации от 05.03.2007 № 145 (ред. от 15.09.2023) «О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий»³ срок проведения государственной экспертизы в объеме проверки достоверности определения сметной стоимости составляет 30 рабочих дней.

Введение Постановления Правительства РФ от 28.12.2024 № 1967 привело к повышению требований к качеству ПД при подаче в экспертизу, вследствие чего проектные организации вынуждены проводить внутреннюю оценку проектов на наличие ошибок и несоответствий.

До 2024 г. порядок осуществления государственной экспертизы СД ОКС имел стандартный подход, т.е. без применения технологий информационного моделирования (ТИМ). Он заключался в анализе экспертами текстовой (пояснительные записки) и графической (двухмерные чертежи, схемы, таблицы) информации на соответствие нормативно-правовым актам.

Снижение сроков продолжительности экспертизы на текущий момент невозможно без ухудшения ее качества, что ведет к необходимости пересмотра подходов к процессу ее организации. В качестве возможных решений рассматривается переход к полуавтоматизированному, а в будущем и автоматизированному подходу выполнения экспертизы (с помощью специализированных программных комплексов (ПК)), при условии предоставления СД с применением ТИМ. Сметная документация в формате цифровой информационной модели (ЦИМ), входящей в состав информационной модели (ИМ),

¹ Аналитика и статистика. URL: <https://gge.ru/analytics/gosudarstvennaya-ekspertiza/>

² О внесении изменений в Постановление Правительства Российской Федерации от 4 апреля 2022 г. № 579 : Постановление Правительства Российской Федерации от 28.12.2024 № 1967. URL: <http://publication.pravo.gov.ru/document/0001202412290018>

³ О порядке организации и проведения государственной экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий : Постановление Правительства Российской Федерации от 05.03.2007 № 145 (ред. от 15.09.2023). URL: <https://base.garant.ru/12152341>

позволит повысить качество и точность расчета стоимости ОКС.

Изучение методов управления строительными проектами, основанных на интеграции стоимостных параметров в ИМ ОКС, — одно из активно развивающихся направлений современных исследований в области технологий информационного моделирования. В зарубежной научной литературе значительное внимание уделяется вопросам использования ЦИМ для оценки стоимости строительства, управления затратами и формирования сметной информации на различных стадиях жизненного цикла (ЖЦ) объекта. К числу таких исследований относятся работы А. Fazeli и соавт., В. Rouhanizadeh и соавт. и других авторов [1–27].

В отечественных научных исследованиях вопросы интеграции технологий информационного моделирования и сметного нормирования анализируются авторами В.В. Соколовой, Д.Д. Шершневой [28]; Н.А. Смирновой, В.В. Судариковым [29]; В.В. Малаховой и О.Н. Замши [30]; И.А. Тюриным и А.В. Гинзбург [31, 32]; Д.И. Хайминым, Е.М. Ещенко, И.А. Алешиной [33, 34]; А.В. Игнатьевым, В.А. Боркуновым, Е.А. Рябовой [35]; Е.А. Ждановой [36], а также Е.В. Макиша [37]. Указанные труды посвящены различным аспектам применения технологий информационного моделирования при формировании проектной и СД, а также вопросам повышения точности определения стоимости строительства за счет использования данных цифровых моделей.

Анализ зарубежных и российских научных публикаций показывает, что внедрение технологий информационного моделирования в процессы управления стоимостью строительства дает возможность повысить достоверность расчетов, обеспечить прозрачность формирования сметной стоимости и сократить влияние человеческого фактора при определении объемов работ и стоимости ресурсов. При этом одним из ключевых условий эффективного использования ЦИМ для целей стоимостного анализа служит разработка правил стандартизации и нормирования информации, извлекаемой из ИМ.

В Российской Федерации вопросы методического обеспечения применения технологий информационного моделирования находятся в сфере внимания органов государственной власти, профессиональных организаций и экспертного сообщества. Особое значение при этом приобретает развитие подходов к формированию СД при разработке ПД с использованием ТИМ. В этом направлении один из наиболее активных субъектов — г. Москва.

Так, экспертными организациями (ФАО «Главгосэкспертиза России», ГАУ «Московская государственная экспертиза») были разработаны методические рекомендации по подготовке ИМ раздела ПД «Смета на строительство объектов капитального

строительства» и «Смета на строительство» для организации и проведения государственной экспертизы СД, представленной в формате ИМ.

Кроме того, в целях методического обеспечения процесса формирования СД при разработке ПД с использованием ТИМ Комитетом г. Москвы по ценовой политике в строительстве и государственной экспертизе проектов разработан и утвержден ряд методических документов. В частности, приказами Комитета от 13.04.2023 № МКЭ-ОД/23-45⁴ и № МКЭ-ОД/23-46⁵ утверждены методики МОС.01.02-007.2023 «Методика по адаптации и параметризации сметных норм, расценок и материальных ресурсов для использования при разработке проектно-сметной документации с применением технологий информационного моделирования» и МОС.01.02-008.2023 «Методика по применению параметризованных норм, расценок и материальных ресурсов при разработке проектно-сметной документации с использованием технологий информационного моделирования». Указанные документы направлены на развитие практики применения параметризованных сметных нормативов при формировании СД на основе ИМ.

Несмотря на развитие нормативной и методической базы, а также расширение практики применения ТИМ в строительной отрасли, сегодня отсутствует единая методологическая модель формирования СД в форме ЦИМ ОКС, учитывающая требования нормативного регулирования, структуру сметно-нормативной базы и функциональные возможности существующего программного обеспечения (ПО). Отсутствие такой модели затрудняет обеспечение целостности и согласованности проектной и сметной информации при использовании ЦИМ, а также ограничивает возможности автоматизации процессов проверки достоверности определения сметной стоимости.

В связи с этим целью настоящего исследования является разработка концептуальных положений методологической модели формирования СД из цифровой информационной модели объекта капитального строительства для целей государственной экспертизы.

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

⁴ Об утверждении Методики по адаптации и параметризации сметных норм, расценок и материальных ресурсов для использования при разработке проектно-сметной документации с применением технологии информационного моделирования : Приказ от 13.04.2023 № МКЭ-ОД/23-45. URL: <https://www.mos.ru/mke/documents/prikazy/view/285292220/>

⁵ Об утверждении Методики по применению параметризованных норм, расценок и материальных ресурсов при разработке проектно-сметной документации с использованием технологий информационного моделирования : Приказ от 13.04.2023 № МКЭ-ОД/23-46. URL: <https://www.mos.ru/mke/documents/prikazy/view/285293220/>

- проанализировать нормативно-правовую и методическую базу РФ, регламентирующую применение ТИМ при формировании СД и проведении государственной экспертизы;
- выполнить анализ типовых замечаний органов государственной экспертизы в части проверки достоверности определения сметной стоимости ОКС и выявить их основные причины;
- исследовать процессы формирования СД в традиционном и ТИМ-ориентированном подходах и установить их ключевые различия;
- провести анализ функциональных возможностей отечественного ТИМ-сметного ПО и выявить ограничения его применения при автоматизации формирования СД;
- выявить системные противоречия, возникающие при взаимодействии нормативных требований, структуры сметно-нормативной базы, ЦИМ и используемых форматов обмена данными;
- сформулировать методологические принципы формирования СД на основе ЦИМ, обеспечивающие сохранение структурных и семантических связей данных при осуществлении государственной экспертизы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Методологической основой исследования послужили: обзор российских и зарубежных авторов в области ценообразования с применением ТИМ, а также нормативно-правовые акты РФ, регламентирующие процесс формирования СД и прохождение экспертизы.

В качестве инструментов исследования использовались методы научного познания: анализ, синтез, эксперимент, классификация, информационное моделирование и формализация.

Метод анализа применялся при:

- оценке законодательных аспектов применения ТИМ при формировании СД;
- сборе информации о проведении государственной экспертизы в части проверки достоверности определения сметной стоимости ОКС в форме ИМ;
- рассмотрении способов получения СД с применением ТИМ и без применения ТИМ;
- обзоре ПО.

В результате синтеза в исследовании проведены связи между нормативно-правовыми актами РФ и влиянием их на формирование СД.

Применена классификация выявленных замечаний по результатам экспертизы достоверности определения сметной стоимости ОКС.

Для процессов формирования СД как в традиционном формате, так и с применением информационного моделирования, был использован метод формализации. Моделирование соответствующих бизнес-процессов выполнялось в соответствии со стандартом BPMN.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ замечаний органов государственной экспертизы в части проверки достоверности определения сметной стоимости ОКС

Качество СД важно, так как от него зависят точность бюджета, сроки выполнения проекта и прозрачность затрат.

На качество СД влияют следующие аспекты:

- 1) полное описание работ;
- 2) корректный расчет стоимости;
- 3) использование актуальных цен;
- 4) правильное оформление;
- 5) учет дополнительных расходов;
- 6) проверка и контроль качества;
- 7) прозрачность и объяснение;
- 8) оценка рисков;
- 9) соблюдение законодательства.

Чтобы повысить качество ПД и сократить сроки экспертизы в рамках данного исследования определены основные (ключевые) замечания по результатам проверки достоверности сметной стоимости. Основные виды замечаний:

- 1) замечания к ведомости объемов работ (ВОР);
- 2) замечания к сметным расчетам;
- 3) замечания к прилагаемым документам.

Далее представлен анализ каждого из трех видов выявленных замечаний, а также предложены стратегии их устранения посредством внедрения ТИМ.

Замечания к ведомости объемов работ:

- представленные в составе документации ВОР являются продуктом сметной программы, составлены на основе локальных смет (приведены полные наименования расценок вместо конкретного описания фактически выполняемых видов работ с раскрытием технологии их выполнения);
- единицы измерения объемов не соответствуют проектной документации, необоснованно составлены в единицах измерения сметных норм (100 м², 1000 м³, 1000 шт. и т.п.), а не в натуральных показателях;
- не в полной мере корреспондируются с локальными сметными расчетами (ЛСР) в части объемов и видов работ;
- не содержат расчеты физических объемов работ (основанных на представленных проектных решениях);
- не содержат значительную часть сведений о марках, типах, видах и расходах основных материалов, конструкций, изделий, соответствующих проектным решениям.

Для минимизации ошибок, связанных с ручным вводом данных, рекомендуется применять информационное моделирование зданий при создании ВОР. В рамках применения ТИМ ведомости объемов работ интегрируются в структуру информационных моделей зданий. Автоматизированное извлечение объемов из трехмерных моделей позволяет в даль-

нейшем передавать эти сведения в программы для составления смет и системы управления проектами.

Кроме того, с 11 января 2025 г. ведомости объемов работ должны представляться для проведения экспертизы только в формате XML, что также способствует минимизации подобных ошибок.

Замечания к сметным расчетам:

- допускаются арифметические ошибки при расчетах в локальных сметах и в сводном сметном расчете;

- не учитываются единицы измерения в расценках, в том числе часто путают понятия «м трубы» и «м трубопровода» и т.д.;

- представленные объектные и локальные сметы в формате ГГЭ (GGE) не соответствуют представленным в формате PDF и учтенным в сводном сметном расчете стоимости строительства (ССРСС);

- в ЛСР расход некоторых строительных ресурсов (щебень и т.д.) не соответствует сметным нормам и проектным решениям. Например, расход щебня учтен в тоннах, тогда как сметными нормами предусмотрено в кубических метрах.

Создание ИМ помогает устранить арифметические ошибки при расчетах в локальных сметах и в сводном сметном расчете за счет автоматизации расчетов объемов работ и назначения сметных норм элементам из модели.

Использование информационной модели — способ решить проблему с неправильным учетом единиц измерения в расценках, в том числе избежать путаницы между понятиями «м трубы» и «м трубопровода».

При внесении изменений в ЦИМ автоматически происходит корректировка СД — это поможет решить проблему несогласованности с проектной документацией.

Замечания к прилагаемым документам:

- отсутствуют письмо от заказчика с указанием расстояния вывоза строительного мусора и перевозкой материалов, транспортные схемы;

- включение в сводный сметный расчет лимитированных затрат, не согласованных заказчиком (необходимо указывать в задании на проектирование или техническом задании);

- отсутствует письмо от заказчика на включение или отсутствие затрат на строительный контроль, непредвиденные расходы;

- не предоставляются исходные данные заказчика для разработки СД;

- отсутствует справка с описанием изменений, внесенных в ПД, представленную на повторную экспертизу, в которой описываются внесенные изменения в проектную документацию и (или) результаты инженерных изысканий.

Создание среды общих данных (СОД) позволяет решить проблемы с отсутствием документов, обосновывающих сметные расчеты.

Вышеуказанный перечень говорит о невысоком качестве СД, предоставляемой на экспертизу, и актуальности задачи повышения его уровня.

Очень часто основным фактором, влияющим на низкое качество СД, выступают большое количество нормативных стандартов, которые необходимо соблюдать, а также неоднозначность и противоречивость в их трактовке со стороны как проектных организаций, так и представителей государственной экспертизы.

Предоставление СД в форме ЦИМ для экспертизы приведет к:

- сокращению сроков, т.е. позволит оперативно проводить экспертизу и согласовывать изменения, вносимые в ПД объекта;

- оптимизации стоимости путем исключения коллизий;

- улучшению визуализации, которая облегчит специалистам оценку взаимосвязи инженерных, планировочных и прочих технических решений;

- появлению возможности отображения хода работ во времени;

- упрощению аналитики, таким образом интеграция данных позволит в один клик получить доступ к основным документам в проекте, связанным с конкретным техническим решением;

- обнаружению проблем на ранних стадиях и принятию мер по их устранению.

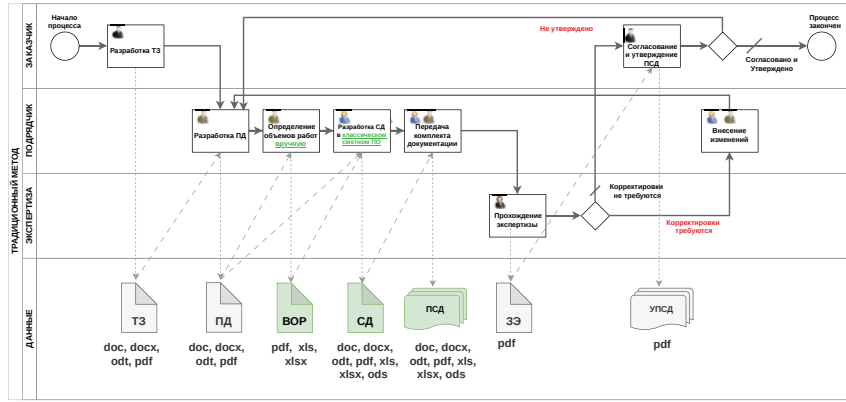
На основании вышеизложенного можно сделать вывод о возможности повышения качества СД за счет проверки и оценки ИМ строительных объектов на основе единой методологической базы, устанавливающей правила формирования сметной документации в форме ЦИМ (с учетом текущих возможностей ПО). Эти правила исключают проблемы разной интерпретации, представленных данных в ИМ (т.е. их состав, объем, уровень детализации), между проектными организациями, ведущими разработку СД в форме информационной модели, и экспертными органами, осуществляющими проверку и оценку.

Анализ процесса получения сметной документации без использования ТИМ

Без использования технологий информационного моделирования этап проектирования носит традиционный характер. При традиционном проектировании работа специалиста по формированию СД подразумевает анализ ПД в виде текстовой и графической информации (показанной в формате двухмерных чертежей и схем), представленной в виде сканированных копий или электронного человеческого текста.

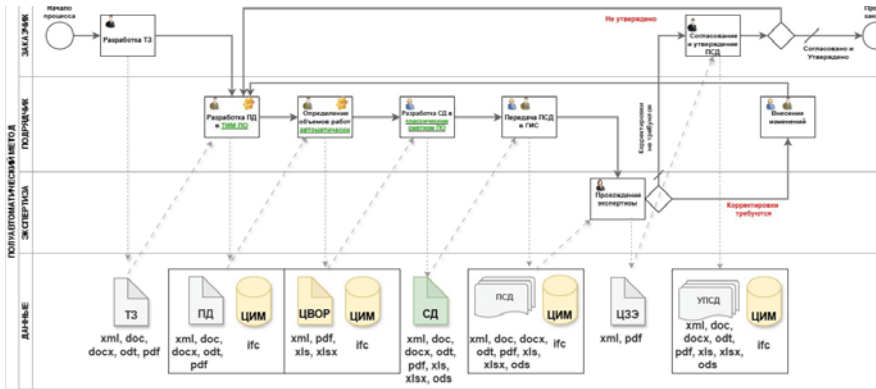
Визуализация традиционного метода проектирования представлена на рис. 1.

В рамках традиционного подхода к проектированию нередко обнаруживаются противоречия как между различными разделами ПД, так и внутри отдельных разделов, проявляющиеся в расхождениях между гра-



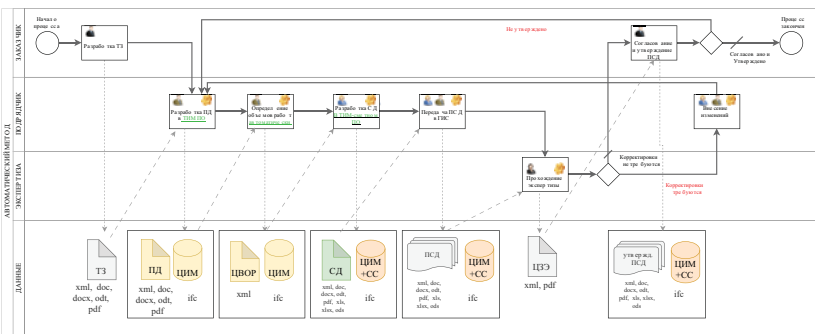
Условные обозначения:
 ТЗ - Техническое задание
 ПД - Проектная документация
 ВОР - Ведомость объемов работ
 СД - Сметная документация
 ПСА - проектно-сметная документация
 ЗЭ - Заключение экспертизы
 УПСД - утвержденная проектно-сметная документация

a



Условные обозначения:
 ТЗ - Техническое задание
 ПД - Проектная документация
 ЦВОР - Цифровая ведомость объемов работ
 СД - Сметная документация
 ПСА - проектно-сметная документация
 ЦЗЭ - Цифровое заключение экспертизы
 УПСД - утвержденная проектно-сметная документация
 ЦИМ - цифровая информационная модель

b



Условные обозначения:
 ТЗ - Техническое задание
 ПД - Проектная документация
 ЦВОР - Цифровая ведомость объемов работ
 СД - Сметная документация
 ПСА - проектно-сметная документация
 ЦЗЭ - Цифровое заключение экспертизы
 УПСД - утвержденная проектно-сметная документация
 ЦИМ - цифровая информационная модель
 ЦИМ + СС - цифровая информационная модель с учетом сметной информации

c

Рис. 1. Процесс получения сметной документации: *a* — без использования технологий информационного моделирования; *b* — при использовании технологий информационного моделирования (полуавтоматизированный подход); *c* — при использовании технологий информационного моделирования (автоматизированный подход)

Fig. 1. Process of preparing cost estimate documentation: *a* — without the use of building information modelling technologies; *b* — using building information modelling technologies (semi-automated approach); *c* — using building information modelling technologies (automated approach)

фическими и текстовыми компонентами. Типичными примерами являются несоответствия между чертежами и сопутствующими спецификациями или ведомостями объемов работ. Кроме того, не исключены случаи, когда информация об идентичной конструктивной единице представлена противоречиво на различных листах одного и того же проектного комплекта.

Зачастую происходит утрата информации об изменениях в ПД, что может нарушить ее целостность и привести к несогласованности между разделами.

Так же при традиционном проектировании нарушается прямая связь между получением объемов работ из проектного отдела в сметный отдел. ВОР могут содержать как арифметические, так и логические ошибки.

В основном подобные ошибки возникают по следующим причинам:

- человеческий фактор;
- большой массив информации, который анализируют и систематизируют специалисты проектных отделов.

После поступления комплекта утвержденной ПД в сметный отдел специалисты в ручном режиме формируют СД в сметном ПК. На данном этапе тоже возникает вероятность возникновения таких ошибок, как:

- неточное определение объемов работ: специалист сметного отдела работает с неполной или устаревшей ПД, особенно это касается скрытых работ;
- использование устаревших расценок: справочники цен регулярно обновляются, но не все специалисты сметного отдела следят за изменениями;
- неправильное использование коэффициентов: региональные, сезонные и другие поправочные коэффициенты имеют четкие условия применения, но их часто используют автоматически, не разбираясь в специфике конкретного проекта;
- отсутствие обязательных реквизитов: каждая позиция должна содержать полный набор данных — шифр работы, корректное наименование, правильную единицу измерения;
- игнорирование региональных особенностей: транспортные расходы, климатические условия, местные нормы и традиции строительства — все это влияет на итоговую цену;
- упущение сезонных факторов: зимние работы требуют дополнительных затрат на обогрев, защиту от осадков, использование специальных материалов;
- пренебрежение дополнительными затратами: специалисты сметного отдела иногда не включают дополнительные затраты, такие как транспортировка материалов, налоги и сборы, резерв на непредвиденные расходы.

В результате формирование СД превращается в весьма трудоемкий процесс и часто сопровождается приумножением уже допущенных при проектировании ошибок.

Погрешности в проекте создают проблемы при формировании смет, увеличивая сроки их составления из-за необходимости исправления выявленных ошибок. А при несвоевременном выявлении этих недочетов при формировании СД увеличивается время прохождения экспертизы. В самом худшем случае финансовое бремя ложится на заказчика и подрядчика. Ошибки в сметах могут привести к значительным финансовым потерям, задержкам в строительстве и даже к юридическим спорам.

Анализ процесса получения сметной документации при использовании ТИМ

Для формирования СД специалистам сметного отдела необходимо знать множество характеристик: объемы и размеры элементов, материалы, марки, расположение конструктивных элементов и т.д. Корректный и систематизированный сбор информации — путь к повышению качества и достоверности СД. Такой сбор способна обеспечить цифровая информационная модель ОКС. Использование ЦИМ значительно повышает эффективность работы специалистов проектного и сметного отделов.

В случае применения ТИМ возможны два подхода к процессу формирования сметной документации из ЦИМ.

Первый подход заключается в полуавтоматизации рабочих процессов специалистов сметного отдела. Визуализация полуавтоматического метода проектирования представлена на рис. 1, *b*.

Суть данного подхода заключается в том, что вся информация от проектного отдела в сметный отдел передается в виде ЦИМ через среду общих данных, из которой можно получить спецификацию или ведомость объемов работ. При применении специалистами проектного отдела технологий информационного моделирования ВОР и спецификация оборудования, и материалов (СО) формируются автоматически с помощью встроенных в ПО инструментов с минимальным вмешательством человека. При внесении изменений в информационную модель автоматически обновляются данные в ВОР и СО, соответственно сокращается срок отработки изменений, вносимых в ПД. За счет параметризации (взаимосвязи всех проектных решений между собой на основе параметров и свойств) изменение какого-то проектного решения влечет за собой автоматическое изменение другого решения. В итоге ЦИМ формируется из конечного, поддающегося учету множества архитектурно-конструктивных элементов, классифицированных по их видам.

В данном случае процесс формирования СД остается классическим. Используя данные из ЦИМ и автоматизированный расчет объемов работ, специалист сметного отдела определяет технологию производства и назначает соответствующую расценку из сметно-нормативной базы.

При переходе на информационные технологии специалист сметного отдела сокращает сроки производства СД за счет ухода от работы с чертежами и подсчета объемов работ вручную.

Другой подход представляет собой полную автоматизацию процесса получения СД из ЦИМ. Визуализация автоматического метода проектирования приведена на рис. 1, с.

В этом случае происходит интегрированное взаимодействие между ПО проектного и сметного отделов через программы-переходники (сметные ТИМ-модули).

Сметный ТИМ-модуль способен обеспечить:

- автоматическое назначение сметных свойств элементам ЦИМ;
- создание сметной структуры элементов;
- автоматическое обновление данных и контроль вносимых изменений в ЦИМ;
- визуализацию осмечиваемых элементов;
- передачу информации из модели в любое ПО сметного отдела;
- передачу в ЦИМ результатов расчета сметной стоимости, детализированной до уровня элементов ЦИМ;
- сохранение связи между сметным расчетом и ЦИМ;
- автономную работу — рабочие места специалистов проектного и сметного отделов могут быть разделены.

Использование ЦИМ как инструмента для получения СД решает следующие задачи:

- 1) анализ стоимости и эффективности проектных решений в зависимости от уровня детализации информации в проекте и оперативное управление изменениями;
- 2) получение актуальных стоимостных параметров в зависимости от проектных решений на всех уровнях проработки ЦИМ на различных этапах ЖЦ ОКС;
- 3) возможность отслеживания изменений в проектной документации в автоматизированном режиме;
- 4) создание среды общих данных для работы с информационной моделью и ее стоимостными параметрами;
- 5) понижение рисков человеческого фактора при разработке сметной документации;
- 6) снижение временных затрат при оценке стоимости проекта как в целом, так и в разрезе, на различных уровнях проработки;
- 7) объединение затрат в комплексы для формирования сметы контракта и определения начальной максимальной цены контракта (НМЦК);
- 8) гибкость при выборе и оценке проектных решений, ориентируясь на их стоимостные характеристики;
- 9) планирование затрат на основе календарно-сетевых графиков.

Анализ программного обеспечения по получению сметной документации из ЦИМ

Минстрой России активно мотивирует внедрение технологий информационного моделирования в строительстве через законодательство, рекомендации по программному обеспечению, программы обучения и меры поддержки.

На официальном сайте Минстроя России можно ознакомиться с обзором российского ПО для строительной отрасли. Существует несколько отечественных программ, позволяющих эффективно использовать информацию на основе ТИМ при составлении смет (ТИМ-сметное ПО). Рассмотрим несколько таких ПК.

1. Программный комплекс «Адепт: ВІМ».

ООО «Группа компаний «Адепт» — российский производитель программного обеспечения для гражданского и промышленного строительства, компания основана в 2003 г.

Модуль «Адепт: ВІМ» предназначен для формирования спецификаций ТИМ с последующей 3D-визуализацией модели объекта. С помощью этого модуля возможно передавать информацию из трехмерных моделей, сделанных в САПР-системах, в цепочку ТИМ: создавать на основании спецификации смету, далее из сметы формировать календарный план, а из него импортировать информацию в исполнительную документацию.

2. Программный комплекс «1С:Смета ТИМ КОРП».

Разработчик: «1С» — российская компания, основанная в 1991 г.

Программный комплекс «1С:Смета ТИМ КОРП» — комплексное отраслевое решение, предназначенное для автоматизации процесса обработки готовых ЦИМ, сравнения версий, сбора проектной информации и составления ВОР, определения сметной стоимости строительства, выпуска и формирования СД для заключения контрактов на выполнение работ.

3. Программный комплекс «ВІМ-смета АВС».

ООО НПП «АВС-Н» — общество с ограниченной ответственностью, занимающееся разработкой компьютерного программного обеспечения с 1999 г.

«ВІМ-смета АВС» — российский ПК для автоматизации сметно-ресурсного документооборота на всех этапах строительства и проектирования. Система охватывает формирование смет, учет ресурсов, календарно-сетевое планирование и ТИМ-интеграцию.

Компания АВС-Н проводит интеграцию с известными ВІМ-платформами. Интеграция осуществляется посредством плагина АВС. Плагин каждой ВІМ-системы адаптирован под ее интерфейс и особенности.

4. Программный комплекс ВІМ WIZARD.

АО «ВИЗАРДСОФТ» занимается разработкой ПО для строительства с 1993 г.

BIM WIZARD — ТИМ-сметное ПО. Данное решение предназначено для автоматизированного получения строительных объемов из систем автоматизированного проектирования с дальнейшим составлением СД на их основе. Также ПО реализует технологию информационного моделирования и выгрузку BOP в формате XML по схеме Главгосэкспертизы, поддерживает бесшовную передачу данных между сметой и моделью, предоставляет возможность в дальнейшем проводить экспертизу смет в связке с проектом.

5. Программный комплекс «5D Смета».

Разработчик: ООО НТЦ «Гектор» — российская компания, основанная в 1989 г.

5D Смета — программный продукт для интеграции сметной информации в ТИМ-проекты и передачи стоимостных показателей в системы календарного планирования.

Программа позволяет автоматизировать расчет объемов работ и стоимости по каждому элементу ЦИМ, обеспечивая ускорение и высокую точность составления смет.

Поддержка формата Industry Foundation Classes (IFC) обеспечивает загрузку исходных данных для разработки смет из различных систем проектирования, а благодаря поддержке формата АРПС 5D Смета дает возможность использовать любую сметную программу для расчета стоимости проектируемых объектов.

6. Программный комплекс Smeta.ru BIM.

Группа компаний «СтройСофт» занимается разработкой программ для составления смет с 1995 г.

Два разработчика сметного ПО — ГК «СтройСофт» и ООО НПП «АВС-Н» выпустили совместное решение — Smeta.ru BIM: полный набор ПО, необходимый для разработки сметной документации как классическим способом, так и с применением BIM/ТИМ.

Smeta.ru BIM представляет собой единый набор программных модулей, сочетающий в себе классическое рабочее место сметчика с интерфейсом и возможностями программы Smeta.ru и компонентов, позволяющих осуществлять назначение сметных норм и расценок на элементы 3D-моделей, созданных в самых распространенных программах для проектирования. Решение может применяться как крупными строительными компаниями, так и небольшими подрядными организациями.

Анализ функциональных различий ТИМ-сметного ПО представлен на рис. 2.

Функциональные возможности большинства ТИМ-сметных ПК включают: импорт данных из систем автоматизированного проектирования (Renga, Revit, nanoCAD и др.); загрузку моделей в формате IFC; автоматизированное формирование ведомостей объемов работ; привязку сметных норм и ресурсов к элементам цифровой модели; формирование локальных и объектных сметных расчетов; визуализацию элементов модели, участвующих в расчетах; контроль изменений в проектной документации.

Использование указанных инструментов позволяет автоматизировать отдельные этапы формирования СД и сократить трудоемкость определения объемов работ. В частности, ПК обеспечивают из-

Функционал Functionality						
Проведение конъюнктурного анализа цен на материалы, оборудование и прочих затрат Conducting market price analysis for materials, equipment, and other costs	✗	✗	✓	✗	✓	✓
Создание и управление ИМ зданий, интеграция всех этапов ЖЦ ОКС Creation and management of building information models, integration of all stages of the construction project lifecycle	✓	✗	✓	✗	✓	✗
Загрузка данных из среды общих данных Pilot-BIM Loading data from the Pilot-BIM common data environment	✗	✓	✓	✓	✓	✗
Привязка сметных показателей к задачам Timeliner Navisworks с распределением финансовых ресурсов Linking estimate indicators to Navisworks Timeliner tasks with financial resource allocation	✓	✓	✓	✗	✗	✗
Подготовка комплекта проектно-сметной документации внутри системы Preparation of a full set of design and estimate documentation within the system	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Выпуск печатных форм документов Generation of printed document forms	✓	✓	✓	✗	✓	✓
Бесшовная передача данных из ЦИМ в стороннее сметное ПО Seamless data transfer from the digital information model to third-party estimating software	✗	✗	✗	✗	✗	✗

Рис. 2. Анализ функциональных различий ТИМ-сметного ПО

Fig. 2. Analysis of functional differences in BIM-based cost estimation software

влечение количественных характеристик элементов из информационной модели и формирование ведомостей объемов работ на их основе. Однако проведенный анализ показывает, что существующие программные решения не обеспечивают полной реализации автоматического метода формирования СД из цифровой информационной модели. Основные ограничения связаны как с особенностями структуры цифровых моделей, так и с ограничениями используемых механизмов сопоставления элементов модели и сметных нормативов.

Одним из ключевых ограничений является отсутствие единых правил структурирования и параметризации информации в ЦИМ для целей сметного нормирования. В большинстве случаев элементы модели не содержат полного набора параметров, необходимых для автоматического назначения сметных норм. В связи с этим сопоставление элементов модели и сметных нормативов осуществляется на основе шаблонов или правил сопоставления, требующих участия специалиста-сметчика. Таким образом, фактически реализуется полуавтоматический подход к формированию сметной документации.

Дополнительные ограничения связаны с различиями в структуре информационных моделей, формируемых в различных системах автоматизированного проектирования. Модели могут содержать различную степень детализации элементов, различную структуру параметров и различный набор атрибутивных данных, что затрудняет разработку универсальных механизмов автоматического сопоставления элементов модели и сметных нормативов.

Отдельная проблема — ограниченность форматов обмена сведениями между информационной моделью и сметными ПК. В практике государственной экспертизы используются специализированные форматы передачи СД, в частности формат GGE XML, применяемый для представления сметных расчетов в информационных системах государственной экспертизы, а также формат АРПС, используемый для обмена сметной информацией между программными комплексами.

Несмотря на широкое распространение указанных форматов, они ориентированы преимущественно на передачу табличных данных сметных расчетов и не обеспечивают сохранение семантических связей между элементами ЦИМ и соответствующими сметными позициями. При экспорте сметной документации из ТИМ-сметных систем в указанные форматы передаются итоговые сметные показатели, однако информация о том, из каких элементов информационной модели получены соответствующие объемы работ и стоимостные показатели, не сохраняется.

В результате происходит разрыв информационной связи между ЦИМ объекта и сформированной на ее основе сметной документацией. Это существенно ограничивает возможности автоматизиро-

ванной проверки достоверности определения сметной стоимости при проведении государственной экспертизы, поскольку экспертные системы получают лишь итоговые сметные данные без возможности их сопоставления с элементами цифровой модели.

Таким образом, проведенный анализ отчетственных ТИМ-сметных ПК показывает, что существующие программные решения обеспечивают автоматизацию отдельных этапов формирования СД на основе ЦИМ, включая извлечение объемов работ, формирование ведомостей объемов работ и привязку сметных норм к элементам модели. Однако сквозная реализация автоматического метода формирования СД из ЦИМ в настоящее время не обеспечивается.

Ограничения существующих программных решений связаны с необходимостью ручной настройки сопоставления элементов модели и сметных нормативов, различиями в структуре параметров цифровых моделей, а также с особенностями используемых форматов обмена данными. В частности, форматы передачи СД, применяемые при взаимодействии ПК и систем государственной экспертизы (GGE XML, АРПС), обеспечивают передачу табличных сметных данных, но не сохраняют семантические связи между элементами ЦИМ и соответствующими сметными позициями.

Выявленные ограничения подтверждают отсутствие единой методологической модели формирования СД из ЦИМ, обеспечивающей сохранение структурных и семантических связей данных при их передаче в системы государственной экспертизы, что обосновывает необходимость дальнейших исследований в этом направлении.

Концептуальная модель формирования сметной документации из ЦИМ

Предлагается структурная модель, состоящая из четырех взаимосвязанных уровней, обеспечивающих формирование СД на основе ЦИМ и сохранение связей между проектной и сметной информацией (рис. 3).

Предлагаемая концептуальная модель формирования СД из ЦИМ включает четыре взаимосвязанных уровня: нормативный, информационный, программный и уровень экспертизы. Нормативный уровень определяет требования к структуре данных, используемых при формировании СД. На информационном уровне формируется ЦИМ ОКС, содержащая параметры элементов, необходимые для определения объемов работ и назначения сметных норм. Программный уровень обеспечивает обработку информации, извлечение объемов работ, сопоставление элементов модели со сметными нормативами и формирование СД. На уровне экспертизы осуществляются проверка достоверности определения сметной стоимости и анализ представленных сметных расчетов. Взаимодействие между уровнями

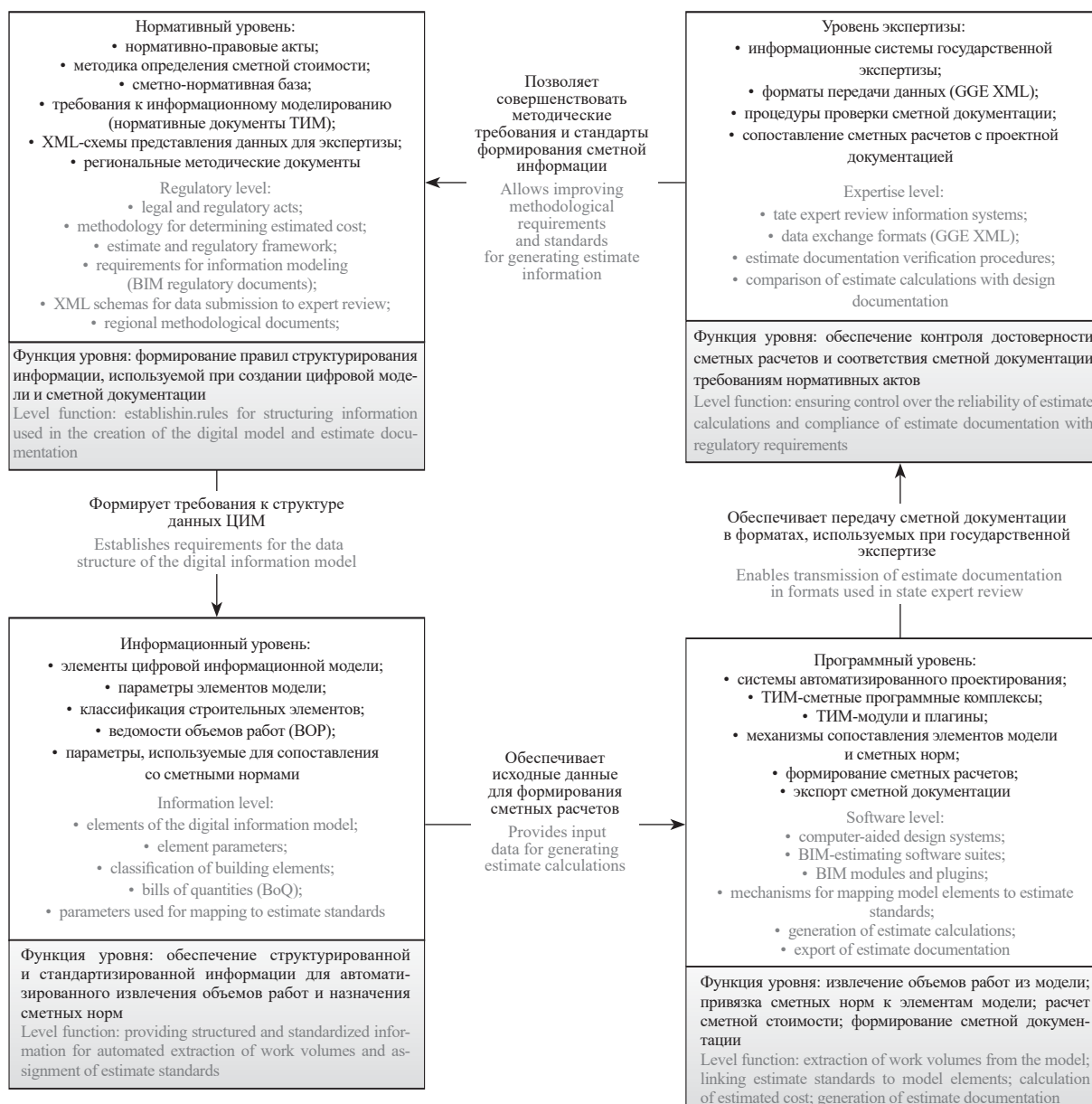


Рис. 3. Концептуальная модель формирования сметной документации из цифровой информационной модели объекта капитального строительства

Fig. 3. Conceptual model for the preparation of cost estimate documentation based on the digital information model of a capital construction project

обеспечивает последовательную трансформацию информации от нормативных требований к формированию СД и ее проверке в системе государственной экспертизы. Обратная связь, формируемая по результатам экспертизы, используется для совершенствования нормативных требований и методических подходов к формированию СД на основе цифровых информационных моделей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

Рассмотрена проблема формирования СД в условиях применения технологий информационного моделирования в строительстве. Несмотря на активное развитие нормативной базы и расширение практики применения ТИМ, в настоящее время

отсутствует единая методологическая модель формирования СД на основе ЦИМ ОКС, учитывающая требования нормативного регулирования, структуру сметно-нормативной базы и возможности существующего ПО.

Проведенный анализ замечаний органов государственной экспертизы в части проверки достоверности определения сметной стоимости показал, что значительная часть выявляемых несоответствий связана с нарушением согласованности между проектной и сметной информацией, отсутствием корректных расчетов объемов работ, а также несоответствием представленных данных требованиям нормативных документов. Выявленные замечания свидетельствуют о наличии системных проблем

в процессе формирования СД, обусловленных разрывом информационных связей между ПД, сметными расчетами и используемыми форматами передачи сведений.

Анализ процессов формирования СД в традиционном и ТИМ-ориентированном подходах показал, что применение ЦИМ позволяет существенно повысить точность определения объемов работ и снизить влияние человеческого фактора. Однако существующие программные решения обеспечивают автоматизацию лишь отдельных этапов формирования СД и не реализуют в полной мере автоматический метод ее формирования из цифровой информационной модели.

Проведенный анализ отечественных ТИМ-сметных ПК показал, что основными ограничениями существующих решений являются отсутствие единых принципов структурирования данных информационной модели для целей сметного нормирования, необходимость ручного сопоставления элементов модели и сметных нормативов, а также ограниченность используемых форматов обмена данными. В частности, форматы передачи СД, применяемые при взаимодействии ПК и систем государственной экспертизы (GGE XML, АРПС), обеспечивают передачу табличных сметных данных, но не сохраняют семантические связи между элементами ЦИМ и соответствующими сметными позициями.

Полученные результаты подтверждают необходимость разработки методологических принципов формирования СД из ЦИМ, обеспечивающих согласованность нормативных требований, структуры информационных моделей и функциональных возможностей программных средств. В рамках исследова-

ния предложена концептуальная модель формирования СД из ЦИМ, включающая нормативный, информационный, программный уровни и уровень экспертизы. Предложенная модель позволяет систематизировать процессы формирования СД и определить ключевые информационные связи между элементами цифровой модели и сметными расчетами.

Научный вклад исследования заключается в систематизации проблем формирования СД при использовании ТИМ, выявлении ограничений существующих программных решений и форматов обмена данными, а также в обосновании необходимости разработки методологической модели формирования СД из ЦИМ для целей государственной экспертизы.

Следует отметить, что проведенное исследование имеет ряд ограничений. В частности, анализ ПО был выполнен на основе функциональных характеристик существующих ТИМ-сметных программных комплексов без проведения экспериментальной апробации предложенной модели на конкретных проектах. Кроме того, в рамках исследования не рассматривались вопросы экономической эффективности внедрения ТИМ-сметных решений и их влияния на сроки подготовки проектной документации. Дальнейшие исследования в этом направлении могут быть связаны с разработкой детализированной методологической модели формирования СД из ЦИМ, включая разработку требований к структуре параметров элементов информационной модели, методам сопоставления элементов модели и сметных нормативов, а также совершенствование форматов обмена данными между информационными моделями, сметными программными комплексами и системами государственной экспертизы.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Fazeli A., Dashti M., Jalaei F., Khanzadi M.* An integrated BIM-based approach for cost estimation in construction projects // *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2021. Vol. 28. Issue 9. Pp. 2828–2854. DOI: 10.1108/ecam-01-2020-0027. EDNCLKLQS.
2. *Rouhanizadeh B., Kermanshachi S., Ramaji I., Shakerian S.* Development of an automated tool for cost estimation of transportation projects // *International Conference on Transportation and Development* 2021. 2021. Pp. 178–190. DOI: 10.1061/9780784483541.017
3. *Le H.T.T., Likhitrungsilp V., Yabuki N.* A BIM-database-integrated system for construction cost estimation // *ASEAN Engineering Journal*. 2021. Vol. 11. Issue 1. Pp. 45–59. DOI: 10.11113/aej.v11.16666.EDNZWTKTC.
4. *Liu H., Lu M., Al-Hussein M.* BIM-based integrated framework for detailed cost estimation and schedule planning of construction projects // *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC)*. 2014. DOI: 10.22260/isarc2014/0038
5. *Ma Z., Wei Z., Zhang X.* Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model // *Automation in Construction*. 2013. Vol. 30. Pp. 126–135. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.11.020
6. *Gökçe K.U., Gökçe H.U., Katranuschkov P.* IFC-based product catalog formalization for software interoperability in the construction management domain // *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2013. Vol. 27. Issue 1. Pp. 36–50. DOI: 10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000194
7. *Alzraiee H.* Cost estimate system using structured query language in BIM // *International Journal*

of Construction Management. 2022. Vol. 22. Issue 14. Pp. 2731–2743. DOI: 10.1080/15623599.2020.1823061

8. *Agostinelli S., Cinquepalmi F., Ruperto F.* 5D BIM: tools and methods for digital project construction management // WIT Transactions on the Built Environment. 2019. Vol. 1. Pp. 205–215. DOI: 10.2495/BIM190181

9. *Stransky M., Dlask P.* Process of matching work items between BIM model and cost estimating software // Engineering for Rural Development. 2018. DOI: 10.22616/erdev2018.17.n423

10. *Akanbi T., Zhang J.* Automated wood construction cost estimation // Computing in Civil Engineering 2017. 2017. Pp. 141–148. DOI: 10.1061/9780784480823.018

11. *Nabavi A., Ramaji I., Sadeghi N., Anderson A.* Leveraging natural language processing for automated information inquiry from building information models // Journal of Information Technology in Construction. 2023. Vol. 28. Pp. 266–285. DOI: 10.36680/j.itcon.2023.013. EDN JBZMWH.

12. *Shahinmoghadam M., Kahou S.E., Motamedi A.* Neural semantic tagging for natural language-based search in building information models: implications for practice // Computers in Industry. 2024. Vol. 155. P. 104063. DOI: 10.1016/j.compind.2023.104063. EDN MUUTYI.

13. *Yin M., Tang L., Webster Ch., Xu Sh., Li X., Ying H.* An ontology-aided, natural language-based approach for multi-constraint BIM model querying // Journal of Building Engineering. 2023. Vol. 76. P. 107066. DOI: 10.1016/j.jobe.2023.107066. EDN JNESGR.

14. *Lee M., Chai Ch., Xiong Ya., Gui H.* Technology acceptance model for building information modelling based virtual reality (BIM-VR) in cost estimation // Journal of Information Technology in Construction. 2022. Vol. 27. Pp. 914–925. DOI: 10.36680/j.itcon.2022.044. EDN PTTQPQ.

15. *Ma Z., Liu Z.* BIM-based intelligent acquisition of construction information for cost estimation of building projects // Procedia Engineering. 2014. Vol. 85. Pp. 358–367. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.10.561

16. *Herdyana H., Suroso A.* The impacts of 5D-building information modeling on construction's time and cost performance // Sinergi. 2023. Vol. 27. Issue 3. Pp. 393–404. DOI: 10.22441/sinergi.2023.3.010

17. *Shen Z., Issa R.R.A.* Quantitative evaluation of the BIM-assisted construction detailed cost estimates // Electronic Journal of Information Technology in Construction. 2010. Vol. 15. Pp. 234–257. EDN OEJMBT.

18. *Zhang X., Azhar S., Nadeem A., Khalfan M.* Using building information modelling to achieve lean principles by improving efficiency of work teams // International Journal of Construction Management. 2018. Vol. 18. Issue 4. Pp. 293–300. DOI: 10.1080/15623599.2017.1382083. EDN YBAUHB.

19. *Khaleel A.M., Naimi S.* Automation of cost control process in construction project building information modeling (BIM) // Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN). 2022. Vol. 10. Issue 6. P. 28. DOI: 10.21533/pen.v10i6.3354. EDN GANELW.

20. *Liu H., Cheng J.C.P., Gan V.J.L.* Developing a knowledge-based system for semantic enrichment and automatic BIM-based quantity take-off // Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction. 2021. DOI: 10.22260/ISARC2021/0025

21. *Yang S.W., Moon S.W., Jang H., Choo S., Kim S.A.* Parametric Method and Building Information Modeling-Based Cost Estimation Model for Construction Cost Prediction in Architectural Planning // Applied Sciences. 2022. Vol. 12. Issue 19. P. 9553. DOI: 10.3390/app12199553. EDN CKKTVK.

22. *Sattineni A., Macdonald J.A.* 5D BIM: A Case Study of an Implementation Strategy in the Construction Industry // Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC). 2014. DOI: 10.22260/isarc2014/0048

23. *Aibinu A., Venkatesh S.* Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia // Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice. 2014. Vol. 140. Issue 3. DOI: 10.1061/(asce)ei.1943-5541.0000193

24. *Khosakitchalert C., Yabuki N., Fukuda T.* The Accuracy Enhancement of Architectural Walls Quantity Takeoff for Schematic BIM Models // Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC). 2018. DOI: 10.22260/ISARC2018/0108

25. *Lee S., Kim K., Yu Ju.* Ontological inference of work item based on BIM data // KSCE Journal of Civil Engineering. 2015. Vol. 19. Issue 3. Pp. 538–549. DOI: 10.1007/S12205-013-0739-5. EDN UOGRQB.

26. *Chen Sh., Zeng Yu., Majdi A., Salameh A.A., Alkhalifah T., Alturise F. et al.* Potential features of building information modelling for application of project management knowledge areas as advances modeling tools // Advances in Engineering Software. 2023. Vol. 176. P. 103372. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2022.103372. EDN XQYKBR.

27. *Wan Abdul Basir W.N.F., Ujang U., Majid Z.* Adaptation 4D and 5D BIM for BIM/GIS data integration in construction project management // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2023. Vol. 1274. Issue 1. DOI: 10.1088/1755-1315/1274/1/012002. EDN GVAIFG.

28. *Соколова В.В., Шершинева Д.Д.* Анализ средств автоматизации расчета объемов работ для сметных расчетов с использованием информационного моделирования на базе Revit – 5D смета // Ползуновский альманах. 2022. № 1. С. 177–180. EDN JZLQNU.

29. Смирнова Н.А., Сударииков В.В., Шейкин А.А. Классификация данных цифровой информационной модели, выпуск ведомостей объемов работ и смет в системе «1С:СМЕТА ТИМ КОРП» // Новые информационные технологии в архитектуре и строительстве : мат. VII Междунар. научн.-практ. конф. 2024. С. 88. EDN PSYRWP.

30. Малахова В.В., Замша О.Н. Анализ отчетственных программных комплексов оценки стоимости объектов капитального строительства с применением ТИМ технологий // Экономика строительства и природопользования. 2024. № 2 (91). С. 84–93. EDN JWEOQX.

31. Тюрин И.А., Гинзбург А.В. Автоматизация составления сметной документации с применением технологий информационного моделирования // Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы – 2019 : сб. мат. Всеросс. науч.-практ. конф. 2019. С. 525–531. EDN ZOXCDDJ.

32. Tyurin I.A., Ginzburg A.V. Increasing the economic efficiency of design and construction solutions due to the automated identification of construction works and structural elements of information models // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 1083. P. 012076. DOI: 10.1088/1757-899X/1083/1/012076. EDN YWNXQR.

33. Хаймин Д.И. Формирование сметной стоимости объекта капитального строительства с при-

менением цифровой информационной модели // Поколение будущего: взгляд молодых ученых – 2022. 2022. С. 554–556. EDN MNHPKT.

34. Ещенко Е.М., Алешина И.А. Информационное моделирование в сметном деле: BIM-технологии // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты : сб. ст. III Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию Брянского государственного инженерно-технологического университета. 2020. С. 292–295. EDN FATYLX.

35. Игнатъев А.В., Боркунов В.А., Рябова Е.А., Панов А.В., Иванов В.В., Адамия Д.Д. Разработка методики формирования сметы строительного объекта на основе его информационной модели // Инженерный вестник Дона. 2021. № 12 (84). С. 488–495. EDN EHIJLP.

36. Жданова Е.А. Формирование сметной стоимости объекта капитального строительства с применением цифровой информационной модели // Молодежь и системная модернизация страны : сб. науч. ст. 7-й Междунар. науч. конф. студентов и молодых ученых. 2022. С. 158–160. EDN AQMKKE.

37. Макиша Е.В. Формирование сметной документации на основе цифровой информационной модели // Вестник МГСУ. 2025. Т. 20. № 5. С. 764–776. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.5.764-776. EDN NSOGKF.

Поступила в редакцию 19 марта 2026 г.

Принята в доработанном виде 30 марта 2026 г.

Одобрена для публикации 28 апреля 2026 г.

ОБ АВТОРАХ: Елена Владиславовна Кац — кандидат технических наук, доцент, кафедра информационных систем, технологий и автоматизации в строительстве; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ);** 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; SPIN-код: 3218-4786, ORCID: 0000-0003-1907-634X; KatsEV@mgsu.ru;

Нина Евгеньевна Смелницкая — инженер-сметчик, производственно-технический отдел водоснабжения и водоотведения; **Региональные коммунальные системы;** 143987, Московская область, г. Балашиха, мкр. Железнодорожный, ул. Советская, д. 59; smelnitskaya@bks.ooo.

Вклад авторов:

Кац Е.В. — концепция исследования, формулирование цели и задач, разработка концептуальной модели формирования сметной документации из ЦИМ, интерпретация результатов, написание основного текста статьи, формулирование выводов.

Смелницкая Н.Е. — постановка научной проблемы, анализ нормативно-правовой и методической базы, сбор и систематизация данных по замечаниям государственной экспертизы, участие в разработке структуры исследования, проведение анализа процессов формирования сметной документации и программного обеспечения, участие в интерпретации результатов и редактировании текста статьи.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Fazeli A., Dashti M., Jalaei F., Khanzadi M. An integrated BIM-based approach for cost estimation in construction projects. *Engineering, Construction and Architectural Management*. 2021; 28(9):2828-2854. DOI: 10.1108/ecam-01-2020-0027. EDN CLKLQS.

2. Rouhanizadeh B., Kermanshachi S., Ramaji I., Shakerian S. Development of an automated tool for cost estimation of transportation projects. *International Conference on Transportation and Development 2021*. 2021; 178-190. DOI: 10.1061/9780784483541.017

3. Le H.T.T., Likhitrungsilp V., Yabuki N. A BIM-database-integrated system for construction cost estimation. *ASEAN Engineering Journal*. 2021; 11(1):45-59. DOI: 10.11113/aej.v11.16666. EDN ZWTKTC.
4. Liu H., Lu M., Al-Hussein M. BIM-based integrated framework for detailed cost estimation and schedule planning of construction projects. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC)*. 2014. DOI: 10.22260/isarc2014/0038
5. Ma Z., Wei Z., Zhang X. Semi-automatic and specification-compliant cost estimation for tendering of building projects based on IFC data of design model. *Automation in Construction*. 2013; 30:126-135. DOI: 10.1016/j.autcon.2012.11.020
6. Gökçe K.U., Gökçe H.U., Katranuschkov P. IFC-based product catalog formalization for software interoperability in the construction management domain. *Journal of Computing in Civil Engineering*. 2013; 27(1):36-50. DOI: 10.1061/(asce)cp.1943-5487.0000194
7. Alzraiee H. Cost estimate system using structured query language in BIM. *International Journal of Construction Management*. 2022; 22(14):2731-2743. DOI: 10.1080/15623599.2020.1823061
8. Agostinelli S., Cinquepalmi F., Ruperto F. 5D BIM: tools and methods for digital project construction management. *WIT Transactions on the Built Environment*. 2019; 1:205-215. DOI: 10.2495/BIM190181
9. Stransky M., Dlask P. Process of matching work items between BIM model and cost estimating software. *Engineering for Rural Development*. 2018. DOI: 10.22616/erdev2018.17.n423
10. Akanbi T., Zhang J. Automated wood construction cost estimation. *Computing in Civil Engineering 2017*. 2017; 141-148. DOI: 10.1061/9780784480823.018
11. Nabavi A., Ramaji I., Sadeghi N., Anderson A. Leveraging natural language processing for automated information inquiry from building information models. *Journal of Information Technology in Construction*. 2023; 28:266-285. DOI: 10.36680/j.itcon.2023.013. EDN JBZMWH.
12. Shahinmoghadam M., Kahou S.E., Motamedi A. Neural semantic tagging for natural language-based search in building information models: implications for practice. *Computers in Industry*. 2024; 155:104063. DOI: 10.1016/j.compind.2023.104063. EDN MUUTYI.
13. Yin M., Tang L., Webster Ch., Xu Sh., Li X., Ying H. An ontology-aided, natural language-based approach for multi-constraint BIM model querying. *Journal of Building Engineering*. 2023; 76:107066. DOI: 10.1016/j.jobe.2023.107066. EDN JNESGR.
14. Lee M., Chai Ch., Xiong Ya., Gui H. Technology acceptance model for building information modeling based virtual reality (BIM-VR) in cost estimation. *Journal of Information Technology in Construction*. 2022; 27:914-925. DOI: 10.36680/j.itcon.2022.044. EDN PTTQPQ.
15. Ma Z., Liu Z. BIM-based intelligent acquisition of construction information for cost estimation of building projects. *Procedia Engineering*. 2014; 85:358-367. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.10.561
16. Herdyana H., Suroso A. The impacts of 5D-building information modeling on construction's time and cost performance. *Sinergi*. 2023; 27(3):393-404. DOI: 10.22441/sinergi.2023.3.010
17. Shen Z., Issa R.R.A. Quantitative evaluation of the BIM-assisted construction detailed cost estimates. *Electronic Journal of Information Technology in Construction*. 2010; 15:234-257. EDN OEJMBT.
18. Zhang X., Azhar S., Nadeem A., Khalfan M. Using building information modelling to achieve lean principles by improving efficiency of work teams. *International Journal of Construction Management*. 2018; 18(4):293-300. DOI: 10.1080/15623599.2017.1382083. EDN YBAUHB.
19. Khaleel A.M., Naimi S. Automation of cost control process in construction project building information modeling (BIM). *Periodicals of Engineering and Natural Sciences (PEN)*. 2022; 10(6):28. DOI: 10.21533/pen.v10i6.3354. EDN GANELW.
20. Liu H., Cheng J.C.P., Gan V.J.L. Developing a knowledge-based system for semantic enrichment and automatic BIM-based quantity take-off. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction*. 2021. DOI: 10.22260/ISARC2021/0025
21. Yang S.W., Moon S.W., Jang H., Choo S., Kim S.A. Parametric Method and Building Information Modeling-Based Cost Estimation Model for Construction Cost Prediction in Architectural Planning. *Applied Sciences*. 2022; 12(19):9553. DOI: 10.3390/app12199553. EDN CKKTVK.
22. Sattineni A., Macdonald J.A. 5D BIM: A Case Study of an Implementation Strategy in the Construction Industry. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC)*. 2014. DOI: 10.22260/isarc2014/0048
23. Aibinu A., Venkatesh S. Status of BIM adoption and the BIM experience of cost consultants in Australia. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*. 2014; 140(3). DOI: 10.1061/(asce)ei.1943-5541.0000193
24. Khosakitchalart C., Yabuki N., Fukuda T. The Accuracy Enhancement of Architectural Walls Quantity Takeoff for Schematic BIM Models. *Proceedings of the International Symposium on Automation and Robotics in Construction (IAARC)*. 2018. DOI: 10.22260/ISARC2018/0108
25. Lee S., Kim K., Yu Ju. Ontological inference of work item based on BIM data. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2015; 19(3):538-549. DOI: 10.1007/S12205-013-0739-5. EDN UOGRQB.
26. Chen Sh., Zeng Yu., Majdi A., Salameh A.A., Alkhalifah T., Alturise F. et al. Potential features

of building information modelling for application of project management knowledge areas as advances modeling tools. *Advances in Engineering Software*. 2023; 176:103372. DOI: 10.1016/j.advengsoft.2022.103372. EDN XQYKBR.

27. Wan Abdul Basir W.N.F., Ujang U., Majid Z. Adaptation 4D and 5D BIM for BIM/GIS data integration in construction project management. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2023; 1274(1). DOI: 10.1088/1755-1315/1274/1/012002. EDN GVAIFG.

28. Sokolova V.V., Shershneva D.D. Analysis of automation tools for calculating work volumes for estimate calculations using information modeling based on Revit – 5D estimate. *Polzunovsky Almanac*. 2022; 1:177-180. EDN JZLQNU. (rus.).

29. Smirnova N.A., Sudarikov V.V., Sheykin A.A. Classification of digital information model data and generation of bills of quantities and estimates in the “1C:SMETA TIM KORP” system. *New Information Technologies in Architecture and Construction: Proceedings of the VII International Scientific Conference*. 2024; 88. EDN PSYRWP. (rus.).

30. Malakhova V.V., Zamsha O.N. Analysis of domestic software complexes for assessing the cost of capital construction objects using TIM technologies. *Economics of Construction and Environmental Management*. 2024; 2(91):84-93. EDN JWEOQX. (rus.).

31. Tyurin I.A., Ginzburg A.V. Automation of estimate documentation development using information modeling technologies. *Systems Engineering of Construction. Cyber-Physical Construction Systems – 2019 : Proceedings of the All-Russian Scientific Conference*. 2019; 525-531. EDN ZOXC DJ. (rus.).

32. Tyurin I.A., Ginzburg A.V. Increasing the economic efficiency of design and construction solutions

due to the automated identification of construction works and structural elements of information models. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2020; 1083:012076. DOI: 10.1088/1757-899X/1083/1/012076. EDN YW NXQR.

33. Khaimin D.I. Formation of the estimated cost of a capital construction project using a digital information model. *Generation of the Future: View of Young Scientists – 2022*. 2022; 554-556. EDN MNHPKT. (rus.).

34. Eshchenko E.M., Aleshina I.A. Information modeling in budget planning: BIM technologies. *Digital region: experience, competencies, projects : collection of articles from the III International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the Bryansk State University of Engineering and Technology*. 2020; 292-295. EDN FATY LX. (rus.).

35. Ignatyev A.V., Borkunov V.A., Ryabova E.A., Panov A.V., Ivanov V.V., Adamiya D.D. Development of a methodology for the formation of an estimate for a construction object based on its information model. *Engineering journal of Don*. 2021; 12(84):488-495. EDN EHIJLP. (rus.).

36. Zhdanova E.A. Formation of the estimated cost of a capital construction project using a digital information model. *Youth and systemic modernization of the country : collection of scientific articles from the 7th International Scientific Conference of Students and Young Scientists*. 2022; 158-160. EDN AQMKKE. (rus.).

37. Makisha E.V. Formation of estimate documentation based on a building information model. *Vestnik MGSU [Monthly Journal on Construction and Architecture]*. 2025; 20(5):764-776. DOI: 10.22227/1997-0935.2025.5.764-776. EDN NSOGKF. (rus.).

Received March 19, 2026.

Adopted in revised form on March 30, 2026.

Approved for publication on April 28, 2026.

BINOTES: **Elena V. Kats** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems, Technologies and Automation in Construction; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; SPIN-code: 3218-4786, ORCID: 0000-0003-1907-634X; KatsEV@mgsu.ru;

Nina E. Smelnitskaya — estimating engineer, production and technical department of water supply and sanitation; **Regional utility systems**; 59 Sovetskaya st., mic. Zheleznodorozhny, Balashikha, Moscow region, 143987, Russian Federation; smelnitskaya@bks.ooo.

Author contributions:

Elena V. Kats — research concept, formulation of the aim and objectives, development of the conceptual model for generating cost estimate documentation from digital information models, interpretation of results, writing of the main text of the article, formulation of conclusions.

Nina E. Smelnitskaya — problem statement, analysis of the regulatory and methodological framework, collection and systematization of data on comments from state expertise, participation in developing the research structure, analysis of processes for generating cost estimate documentation and software tools, participation in interpretation of results and editing of the manuscript.

The authors declare no conflict of interest.