

А. Г. Мухаметзянова, А. Ф. Халилов, Ю. А. Цепов

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Ключевые слова: ТИМ, 3D ТИМ-модель, смета, сметное свойство, параметр, автоматизация, 5D-моделирование, программное обеспечение, конструктивный элемент, IDEF0, LabPP.

Кратко описаны ресурсы технологии информационного моделирования, представляющие собой коллективное формирование информационной модели (ТИМ-модели) различных объектов капитального строительства и дальнейшее использование интеллектуальных данных объекта на все этапах жизненного цикла проекта: от идеи создания до эксплуатации, эффективной реконструкции или демонтажа. Рассмотрен разработанный и внедренный на некоторых предприятиях РФ способ реализации автоматизированного получения проектно-сметной документации на основе ТИМ-модели. Отмечены преимущества и проблемные места существующих коммерческих информационных систем, которые используются для ценообразования и сметного нормирования в строительной сфере. Описаны проблемы при составлении смет в программных решениях для ценообразования и сметного нормирования в строительной сфере, одной из которых является проблема использования общеобменного формата IFC для передачи данных из систем моделирования для реализации автоматизированного получения проектно-сметной документации на основе ТИМ-модели. Сформулирована цель настоящей работы - построение оптимальной информационной системы для расчёта стоимости работ и материалов, с учётом нахождения компромисса между сложностью системы и её управляемостью. Инструментом для реализации поставленной цели выбрана методология структурно-функционального анализа в нотации IDEF0; инструментом автоматизации системы - приложения под ТИМ программы, например, LabPP. В соответствии с принципами системного анализа сформулированы основные требования для формирования эффективных и функциональных ведомостей объемов и стоимости строительных работ. Раскрыты требования для корректного создания ведомостей объемов работ. За основу создания конечных описателей материалов в справочниках материалов предложено использование нормативно-технической документации. Сделан вывод, что разработанный способ автоматизированного получения проектно-сметной документации на основе ТИМ-модели, создание справочника материалов и справочника работ, добавление классификаций и свойств элементов модели позволит решить существующие проблемы расчета сметной стоимости и учета в существующих сметных расценках современной технологии работ. Представлена схема структурно-функционального анализа в нотации IDEF0 построения оптимальной системы расчёта стоимости работ и материалов. Определены пути дальнейших исследований.

А. Г. Mukhametzyanova, А. Ф. Khalilov, Ю. А. Tsepov

ESTIMATION OF CONSTRUCTION COSTS BASED ON BUILDING INFORMATION MODEL

Keywords: BIM technologies, 3D BIM model, estimate, estimated property, parameter, automation, 5D modeling, software, IDEF0, LabPP.

The resources of information modeling technology are briefly described, which represent the collective formation of an information model (BIM model) of various capital construction facilities and the further use of the facility's intellectual data at all stages of the project life cycle: from the idea of creation to operation, effective reconstruction or dismantling. A method developed and implemented at some enterprises of the Russian Federation for the implementation of automated receipt of design estimates based on the BIM model is considered. The advantages and problem areas of existing commercial information systems, which are used for pricing and estimated rationing in the construction sector, are highlighted. The problems in making estimates in software solutions for pricing and cost rationing in the construction sector are described, one of which is the problem of using the IFC general exchange format to transfer data from modeling systems to implement automated production of design estimates based on the BIM model. The purpose of this paper is to build an optimal information system for calculating the cost of work and materials, taking into account finding a compromise between the complexity of the system and its manageability. The methodology of structural and functional analysis in IDEF0 notation has been chosen as the tool for achieving this goal; the automation tool for the system is applications called programs, for example, LabPP. In accordance with the principles of system analysis, the basic requirements for the formation of effective and functional statements of the volume and cost of construction work are formulated. The requirements for the correct creation of work volume statements are disclosed. The use of regulatory and technical documentation is proposed as the basis for creating finite descriptors of materials in the reference books of materials. It is concluded that the developed method of automated production of design estimates based on the BIM model, the creation of a directory of materials and a directory of works, the addition of classifications and properties of model elements will solve the existing problems of calculating the estimated cost and accounting in the existing estimates of modern technology of work. A scheme of structural and functional analysis in the IDEF0 notation for constructing an optimal system for calculating the cost of work and materials is presented. The ways of further research are determined.

Введение

Проводимая в последние годы реформа системы ценообразования и сметного нормирования в Российской Федерации, направлена на приведение в

соответствие старой нормативной документации, цен на строительные материалы, экономически выгодное и рациональное использование бюджетных средств, увеличение инвестиционной привлекательности строительной сферы. Достижение этих целей и

получение максимальной экономической выгоды для строительной сферы осуществляется с применением ресурсов технологии информационного моделирования (ТИМ) в сфере ценообразования и сметного нормирования.

ТИМ — общий информационный ресурс (среда общих данных), цифровое представление физических и функциональных характеристик объекта, которые служат надёжной основой для принятия решений на протяжении всего жизненного цикла объекта, начиная с момента зарождения идеи, проектирования, строительства, эксплуатации и заканчивая сносом. ТИМ охватывает не только геометрию, но и пространственные взаимосвязи, анализ освещения, географическую информацию, а также количество и свойства строительных компонентов. ТИМ-модель можно назвать копией объекта строительства (цифровым информационным двойником) в компьютерной среде. Под ТИМ подразумевают создание в специализированных программах 3D-геометрии [1] различных объектов капитального строительства (ОКС) со связанный с ними атрибутивной информацией — например, объем, цвет, материал, артикул, производитель, цена, срок изготовления. В качестве ОКС могут выступать как здания и промышленные сооружения, так и линейные сооружения: дороги, мосты, тоннели, и т. д.

Построение ТИМ-модели по принципу объектного проектирования включает на практике сборку сложной модели из элементов, каждый из которых относится к своему классу — окна, стены, перекрытия, арматура, сваи и т. д. Класс элемента определяет набор свойств и поведение элемента. ТИМ — один из самых надёжных способов обмена данными в строительстве. Объекты также определяются как параметры и связаны с другими объектами так, что при изменении связанного с ними объекта автоматически изменяются или корректируются зависимые, или смежные объекты. Каждый элемент модели ОКС имеет атрибуты для автоматического выбора и упорядочивания, что позволяет составлять сметы, отслеживать и заказывать материалы [2].

ТИМ позволяет выполнять параллельное проектирование и документирование вместо последовательного. Графики, схемы, чертежи, сметы, ценообразование, планирование и другие формы рабочей коммуникации создаются динамически по мере выполнения работ. Использование ТИМ позволяет выполнять больше работ с меньшим количеством сотрудников. Это означает более низкие затраты и меньшее количество ошибок в коммуникации. Меньше времени и денег тратится на процессы и администрирование благодаря более высокому качеству документов и лучшему планированию строительства.

С 2024 года применение ТИМ становится обязательным для объектов государственного заказа. На стадии проектно-изыскательских работ (ПИР) это требование вступило в силу с 1 июля 2024 года, а на стадии строительно-монтажных работ (СМР) — с 1 июля 2025 года. Это делает задачу внедрения ТИМ для участников рынка особенно актуальной [3].

ТИМ представляет собой многомерное моделирование, где каждая “D” добавляет новое измерение к базовой 3D-модели: 3D - базовая объектная модель, 4D - добавление временного измерения, 5D - включение параметров стоимости, 6D - учёт эксплуатационных характеристик, 7D - оценка экологичности, 8D - обеспечение безопасности. Концепция “nD” подразумевает возможность добавления практически неограниченного количества дополнительных измерений к базовой модели [4]. Такой подход к проектированию позволяет всем участникам проекта эффективно взаимодействовать, получать актуальную информацию и принимать обоснованные решения на всех этапах строительства.

Таким образом, трехмерное изображение с информацией о времени и стоимости строительства называют 5D-моделью, а процесс её построения — 5D моделированием. Смысл 5D-моделирования состоит в оценке стоимости строительства на основе 3D/4D-модели объекта. Это полезно для участников инвестиционно-строительного проекта, особенно для инженеров-сметчиков. С помощью 5D-модели можно получить различные данные: номенклатуру и свойства конструктивных элементов, изделий и материалов, спецификации оборудования, уровень энергопотребления, географическую информацию, анализ инсоляции, ресурсы, сроки выполнения работ, характеристики при эксплуатации, ведомости объёмов работ, материалов и оборудования, сметы и др.

Автоматизация сбора и анализа информации из ведомостей объёмов и стоимостей работ позволяет ускорить разработку сметной документации и свести количество ошибок к минимуму. Применение ТИМ даёт возможность оценивать объёмы и стоимость строительно-монтажных работ на каждом этапе жизненного цикла проекта, проводить детализацию расчётов до конечного элемента ТИМ-модели, повышать скорость получения информации об объёмах и стоимости строительства, а также сокращать влияние человеческого фактора и экономить на бумажной работе.

В настоящее время существует множество коммерческих информационных систем, которые активно используются для ценообразования и сметного нормирования в строительной сфере. Авторы [5, 6] приводят оценочный сравнительный анализ программных продуктов, предназначенных для автоматизации этих процессов. Отмечается, что отечественные программные комплексы достаточно разнообразны, функциональны, многопрофильны и совместимы с основными программными продуктами, в которых происходит моделирование ТИМ-объектов. Отечественные программные комплексы позволяют получать объемные показатели из свойств элементов ТИМ-модели, преобразовывать технические свойства модели в сметную стоимость, автоматизировать процесс составления сметной документации в формате информационной модели с автоматическим подсчетом объемов работ и количества материалов, а также быстрому преобразованию связанной модели при изменении технических характеристик.

Однако, в настоящий момент не существует программных решений для ценообразования и сметного нормирования в строительной сфере, позволяющие определять сметную стоимость строительства и учитывать выполненные работы, при этом декомпозиция единичные расценки на отдельные операции с учётом новейших строительных технологий и разнообразных условий, влияющих на сложность выполнения работ. А большинство представленных на рынке программных продуктов, применяемых для подсчёта объемных и количественных характеристик из ТИМ-моделей, работают с ненативными, непроприетарными форматами программ и получение ВОР и смет происходит после преобразования и подготовки файлов формата IFC [7,8,9,10,11]. При этом, качество самих ТИМ-моделей из программ моделирования не является решающим фактором. Функционал этих программ и платформ ориентирован на то, чтобы настроить процедуры для соотнесения данных из ТИМ-модели в формате IFC с расценками. Для того, чтобы при выгрузке не возникали ошибки, требуются дополнительные различные признаки, такие как, классы и параметры. Как правило, в выгрузку не попадают элементы, получаемые из свойств, например, такие, как монтажная пена. Кроме того, в выгрузке отсутствуют элементы, моделируемые в 2D, а в модели присутствует лишь текстовая ссылка; главное в этих программных продуктах, чтобы в выгрузке была 3D геометрия. Также остается неясным, как в данных платформах рассчитываются отделка и конструкции «пирогов» кровли, ведь материалы кровли необходимо сопоставлять в различных единицах измерения, учитывать толщину, последовательность укладки, расход использованного материала исходя из плотности укладки и т.п.

Данные IFC (Industry Foundation Classes) могут быть сохранены в файле .ifc (формат STEP) или в других форматах, таких как .ifcXML или .ifcZIP. Однако стандарт IFC — это гораздо больше, чем просто формат файла. В первую очередь это схема данных, объясняющая, как упорядочивать объекты, их свойства, связи и многое другое. IFC также является флагманским проектом, управляемым компанией buildingSMART, и включает в себя соглашения между участниками, документацию, платформу для совместной работы, схему сертификации и процесс разработки. IFC не охватывает все термины, связанные со строительством. Последняя версия IFC 4.3 содержит более 1300 сущностей и их типов, а также около 2500 свойств, организованных в более чем 750 наборах. Тем не менее, как следует из названия «Отраслевые базовые классы» («Industry Foundation Classes»), это лишь базовые термины, и отрасли часто требуется расширить их за счёт более специализированных терминов или дополнительных свойств. IFC позволяет пользователям добавлять к элементам конкретные классы и дополнительные свойства [12]. Формат IFC постоянно развивается, но проектировщики сталкиваются с неточностью

геометрии и ошибками при экспорте и импорте данного формата в свои программы.

Ситуация, возникшая при построении информационных систем, применяемых в практике ценообразования и сметного нормирования в строительстве, сравнима с положением дел при создании интегрированных систем автоматизации проектирования и технологической подготовки производства (САПР/АСТПП или ИПТ). Отсутствует такой объект, как САПР/АСТПП или ИПТ в полностью готовом для использования виде, т.е. полностью укомплектованная система, не требующая каких-либо доработок или доводочных испытаний. Не достаточно приобрести систему, установить её, подключить питание и активировать — система не начнёт выполнять нужные функции, поскольку всё необходимое программное обеспечение уже написано и настроено поставщиком. Поставщики могут разработать систему «под ключ» для автоматизации чертёжных работ или для трёхмерного моделирования и инженерного анализа, так как функциональные возможности таких систем хорошо стандартизированы в инженерной среде. Аналитические методы, используемые в инженерном анализе, основаны на физических законах, которые остаются неизменными на протяжении долгого времени.

Между тем система ИПТ должна соответствовать деятельности и автоматизации конкретного предприятия. В большинстве случаев было бы нереалистично ожидать, что предприятие изменит свою технологию проектирования, потоки документации, регламенты выпуска проектов и т.д., чтобы соответствовать требованиям системы, сдаваемой «под ключ». Поставщики разрабатывают программное обеспечение для массового рынка и обычно не заинтересованы в создании пакета программ для одного пользователя [13].

Разработка модели информационного обеспечения процессов ценообразования и сметного нормирования

Совокупность специальных программных средств, базы данных, методы и алгоритмы обработки данных, и другие компоненты, работающие совместно для формирования ведомости объемов и стоимости строительных работ, обладают всеми основными признаками и свойствами современной информационной системы [14].

Одним из определяющих свойств подобных систем является структурная, динамическая и вычислительная сложность. Не зависимо от типа сложности выделяют правила оценки сложности системы. Одно из правил основано на том, что сложность системы должна быть пропорциональна информации, требуемой для описания этой системы. Отображается эта сложность оценкой числа элементов, входящих в систему, и разнообразия связи между ними. Другое правило состоит в том, что сложность системы должна быть соразмерна объему информации, необходимому для разрешения нечеткости системы. Оба типа сложности не

согласуются друг с другом. Уменьшая одну сложность, как правило, увеличивается другая. С увеличением размера могут возрастать как первая, так и вторая сложность.

При построении информационной системы формирования ведомости объемов и стоимости строительных работ входят в противоречие адекватность модели системы и целесообразность её применения. Зачастую стремление к созданию системы, которая наиболее полно соответствует решаемой задаче, несёт за собой лавинообразно возрастающий объём работ по её практической реализации в рамках действующего предприятия. При этом неминуемо встаёт вопрос о целесообразности применения системы в целом. Структурно-функциональный анализ в нотации IDEF0 позволяет на ранних стадиях разработки системы, ещё до формирования структуры и алгоритмов выявить и разрешить основные каркасные требования и противоречия [15].

Целью настоящей работы является построение оптимальной информационной системы для расчёта стоимости работ и материалов, с учётом нахождения компромисса между сложностью системы и её управляемостью. Инструментом моделирования выступает методология структурно-функционального анализа в нотации IDEF0; инструментом автоматизации системы - приложения под ТИМ программы, например, LabPP [16].

Структурно-функциональный анализ представляет собой формализованный подход к разработке структурных схем. Данный процесс основан на иерархическом принципе, что позволяет создавать схемы с различной степенью детализации. Эти схемы способствуют пониманию функционирования системы, её выполняемых функций, а также взаимодействия функциональных блоков как между собой, так и с внешней средой. Совокупность таких схем, известная как IDEF0-диаграммы, образует модель системы. Модель обладает описательным характером и не предоставляет информации о динамике процессов во времени и пространстве, а также о характеристиках, соответствующих требованиям к системе. После достижения нижнего уровня декомпозиции, то есть определения функций этого уровня, целесообразно переходить к другим моделям — математическим или имитационным. Эти модели позволяют более подробно описать процессы в функциональных блоках IDEF, особенно в IDEF0-модели.

Согласно терминологии, принятой в исследовании операций, IDEF0-модели относятся к классу концептуальных. Они служат основой для построения математических моделей. Не стоит пытаться добавить концептуальной модели количественные соотношения — это разные уровни абстракции. Для описания и количественной оценки преобразований необходимо создавать математические модели, которые будут отображать физические, экономические, организационные, финансовые, логические и другие отношения между сущностями, входящими в IDEF0-модель, и их развитие во времени [17].

В строительной отрасли ведомость объемов работ (ВОР) занимает особое место среди документов. Она следует и разрабатывается сразу после рабочей документации по своей значимости и представляет собой исчерпывающий список всех работ, которые необходимо выполнить при строительстве объекта.

Основные разделы ВОР включают:

- перечень работ;
- объемы работ;
- требования к качеству выполняемых работ;
- сроки выполнения работ;
- технические схемы;
- другая важная информация, связанная с особенностями указанных работ.

На основе ВОР формируется полный пакет сметной документации, производится расчет бюджета проекта и разрабатывается график строительных работ. Документ оформляется либо в текстовом, либо в табличном виде и входит в общий пакет рабочей документации.

Подсчет необходимых объемов работ производится двумя методами:

- во время проектирования — на основе рабочей документации;
- в ходе строительства — с использованием измерительных методов.

Такой подход к организации документации обеспечивает эффективное управление строительством и позволяет контролировать каждый этап работ.

При составлении эффективной и функциональной ВОР необходимо придерживаться следующих правил:

1. Системность и структурированность. Все работы должны быть систематизированы и структурированы в соответствии с логикой и последовательностью их выполнения. ВОР должна быть организована таким образом, чтобы было легко найти нужную информацию и понять связь между различными видами работ.

2. Полнота и точность. В ВОР должны быть учтены все работы, присутствующие в проекте, без исключения. Кроме того, каждая работа должна быть объективно оценена с точки зрения ее объема, стоимости и сроков выполнения. Обязательно использование точных и проверенных источников информации.

3. Простота и понятность. ВОР должна быть удобной в использовании и интуитивно понятной для всех участников проекта. Её структура и способ представления данных должны быть логичными и доступными для понимания всеми участниками строительного процесса: проектировщиками и заказчиками.

4. Гибкость и адаптивность. ВОР должна легко подстраиваться под изменения, которые могут произойти в ходе реализации проекта. Она должна позволять легко вносить изменения и корректировки в объемы работ, стоимость и сроки их выполнения, сохраняя при этом все связи и зависимости.

Выделение каждого элемента работ является важной составляющей успешного составления ВОР. Оно позволяет более точно определить объемы,

ресурсы и временные рамки проекта, а также обеспечить более точную оценку затрат. Для выделения элементов работ необходимо учитывать следующие правила:

1. Декомпозиция работ: разделение проекта на более мелкие части, что позволяет более точно определить каждую фазу работ. Например, разработка грунта, бетонирование, кирпичная кладка, установка оборудования, проведение испытаний и т.д.

2. Логическая последовательность: составление ВОР в соответствии с их логической последовательностью. То есть, работы, которые нельзя начать до завершения других, должны быть выделены отдельно.

3. Абстракция: выделение общих типов работ и их суммирование. Например, построение стен в рамках строительного проекта может быть выделено как отдельный элемент работ с указанием общего количества стен.

4. Идентификация: присвоение уникального идентификатора каждому элементу работ, для удобства учета и отслеживания.

Проверка и верификация данных являются неотъемлемой частью составления ВОР. Следуя указанным принципам и правилам обеспечивается достоверность и точность данных, повышается качество и надежность ВОР. Для проведения проверки и верификации данных применяются следующие принципы и правила:

1. Соответствие техническим требованиям. Все объемы работ должны соответствовать техническим требованиям проекта и необходимы для выполнения проекта и спецификаций.

2. Полнота и достоверность данных. Все необходимые работы должны быть указаны в ВОР и ни одна из них не пропущена. Возможные ошибки в количестве и объеме работ должны быть обнаружены и исправлены.

3. Соответствие единицам измерения. Указанные единицы измерения должны соответствовать требованиям проекта. Все объемы работ измерены в одинаковых единицах.

4. Логическая последовательность. Все работы должны быть указаны в правильной последовательности. Порядок выполнения работ должен быть логичен и отражать требования проекта.

5. Однозначность и ясность. Все данные в ВОР должны быть понятны и однозначны. Каждая работа должна иметь четкое название и описание, которые позволяют полностью понять суть работы.

Для осуществления сквозного проектирования и сквозной аналитики предприятия (проектное бюро, отделы технического заказчика, заказчика) должны иметь справочник работ (СР) со всеми операциями, входящую в конкретную работу и материалами из справочника материалов и, конечно, сам справочник материалов (СМ). Разместить их можно в используемой на предприятии информационной системе, например, 1С. К таким информационным системам существуют рекомендации по составу и функциям. В них рекомендуется хранить всевозможные справочники – СР, СМ, справочник

оборудования, контрагентов, контракты, расценки, единый централизованный архив смет и другие, в зависимости от организованного на предприятии взаимодействия данных [18]. Работам в СР и материалам в СМ необходимо присвоить уникальные коды. Например, для осуществления установки ПВХ дверей необходимо учесть следующие операции: подъём на этаж, подготовка монтажного проёма, монтаж двери, уборка мусора после выполнения работ, настройка замков, устройство доборных откосов, установка доводчика, установка запорной арматуры. Также учесть все материалы, например, для ПВХ двери, это как минимум сама дверь и монтажная пена, ПВХ откосы, доводчик, ручка антишпиана и др.

Если осуществляется комплексная поставка, то тогда эта информация перечисляется в описательной части «Уникального кода материала», где подробно представляются операции, входящие в эту работу. Описательная часть утверждает какие материалы входят в работу. Эта информация используется при проведении торгов и выбора подрядной организации. То есть подрядчик сам закупает монтажную пену или ее приобретает генподрядчик.

В СМ материалы должны иметь «Короткий описатель» (это шифр по ГОСТ для описываемого материала), «Длинный описатель» (подробное описание шифра по ГОСТ для описываемого материала и плюс дополнительные свойства, не включённые в ГОСТ, но необходимые для участников процесса, например, цвет бетона), «Уникальный код материала» (машиночитаемый код, состоящий из названия дисциплины, названия группы материалов, и пятизначного кода по порядку в группе). «Уникальный код материала» можно также использовать при выдаче материалов со склада на стройке, где каждый материал имеет штрихкод с «Уникальный код материала». Например, для бетона В20 F100 W4 уникальный закупочный код будет выглядеть так: KRBETON00001. В СМ должны быть конечные описатели для всех используемых материалов. Чтобы отдел закупок сразу мог закупить ту или иную позицию. Например, конечное описание («Длинный описатель») для двери и арматуры в справочнике материалов должно иметь следующий вид:

1. Блоки дверные деревянные и комбинированные ГОСТ475-2016, марка двери на плане Д-4, размеры дверного блока (ШхВ) 1000x2100мм. Назначение дверного блока: наружный, входной в здание, блок комбинированный (остекленный);

2. Прокат периодического профиля; форма: Зф; состояние поставки: в прутках мерной длины с немерной; номинальный диаметр: 14мм; длина: 11000мм; с предельными отклонениями по массе 1м длины для группы ОМ2; овальность: обычной точности овальности ОВ2; марка по прочности: А500С; стандарт производства: ГОСТ34028-2016.

При отсутствии какого-либо свойства в описании материала, то создается новая позиция в СМ. Возможности автоматизации позволяют связывать элементы в ТИМ модели с конечной позицией в СМ. И архитекторы, конструкторы и проектировщики из

своих программ проектирования могут выдавать ведомости и сметы с наименованием работ и материалов, как и в утверждённых СР и СМ, что позволяет осуществить сквозное проектирование и сквозную аналитику.

В сами шаблоны файлов проектов необходимо добавить классификации и свойства. Атрибутивный состав элементов цифровой информационной модели (ЦИМ) ОКС определяется таким образом, чтобы обеспечить полноту сведений, предусмотренных действующими нормами. Атрибутивный состав элементов ЦИМ ОКС может быть расширен техническим заданием заказчика [19]. Классификации представляют группы материалов с подгруппами материалов для которых необходима получить ВОР. Например, группа материалов «Двери», а подгруппы - это применяемые двери для определенного проекта:

- ГОСТ 31173-2016 «Блоки дверные стальные. Технические условия»;
- ГОСТ 475-2016 «Блоки дверные деревянные и комбинированные. Общие технические условия»;
- ГОСТ 23747-2015 «Блоки дверные из алюминиевых сплавов. Общие технические условия»;
- ГОСТ 30970-2023 «Блоки дверные из поливинилхлоридных профилей. Общие технические условия».

В каждом нормативном документе прописаны все свойства для каждого материала, т.е. все материалы выполнены по нормативному документу: ГОСТ, ТУ и т.д., эти свойства необходимо добавить для каждого класса материала в шаблон файла проекта. В дальнейшем проектировщик сможет назначать элементам модели свойства, описывая тем самым элементы модели согласно действующих норм и технического задания заказчика. Пример условного обозначения дверного стального блока наружного, группы А, однопольного, правого открывания, с порогом, с открыванием наружу, с полотном из двух стальных листов, класса прочности М3, обычного исполнения: ДСН, А, Оп, Пр, Прг, Н, П2лс, М3, О-ГОСТ31173-2016. Данные свойства добавляются в шаблон проекта, и проектировщику остаётся проклассифицировать элементы (например, двери) и отметить необходимые свойства.

Далее проектировщик с помощью программы, например, LabPP выгружает ВОР и материалов (или же смету) в Excel или сразу, используя LabPP, в использующуюся на предприятии информационную систему, например, 1С.

Практическая значимость описанного метода формирования ВОР и стоимости работ заключается в том, что предложенным подходом могут воспользоваться абсолютно все компании (проектные институты, заказчики, технические заказчики, генеральные подрядчики и подрядчики). Благодаря данному подходу сметчик не участвует в процессе разработки ВОР и смет, но это не значит, что руководству предприятия придётся сократить штат предприятия. Сметчики уделят больше времени другой работе - проверке смет, полученных

автоматизированным путём, составления других актов и справок.

Проектировщики могут использовать функционал ТИМ-программ для размещения спецификаций на листах. Эта возможность есть в каждой информационной системе, независимо от того, отечественная она или зарубежная. Закономерность вычислений ТИМ-программ строится на применении формул и параметров, что делает возможным отказаться от дополнительных программ для вычислений, в отличие от программ 2D проектирования. В ТИМ-программах площадь отделки стен или объём строительного материала определяются автоматически на основе элементов модели (стены, перекрытия, балки, окна, двери и т. д.), что позволяет получать таблицу с данными, напрямую связанной с моделью. Любые изменения в модели влекут за собой мгновенный перерасчёт [20].

Структурно-функциональный анализ в нотации IDEF0 предлагает структурированный подход к описанию функций, потоков данных, управления и ресурсов в системе или процессе. Процессы представляются в виде функциональных блоков и стрелок, показывающих потоки данных и управления между блоками. Основная цель IDEF0 — создать ясное и понятное представление бизнес-процессов, визуализировать последовательность действий, взаимосвязи между функциями и их взаимодействие с внешними сущностями. Это помогает лучше понять процессы, выявить проблемные места и предложить изменения для оптимизации производительности и качества работы.

Ниже представлена схема структурно-функционального анализа в нотации IDEF0 построения оптимальной системы расчёта стоимости работ и материалов. На контекстной диаграмме (рис.1) показана краткая суть процесса. Стрелки, входящие слева это Input, что необходимо для начала процесса и на основании чего формируется результат процесса Output (стрелки, исходящие справа). Стрелки, входящие снизу это Mechanism, то посредством чего осуществляется сам процесс. Стрелки, входящие сверху это Control - управляющее воздействие согласно которому протекает процесс.

Далее контекстная диаграмма подвергается декомпозиции для более подробной организации процесса. На рис. 2 представлена диаграмма, разложенная на 4 процесса, что считается оптимальным, но возможно провести декомпозицию до 8 процессов.

На первом уровне процессного описания наблюдается основной процесс с входящей и исходящей информацией. На втором уровне видно, что основной процесс «Подготовка смет из ТИМ-моделей» разделён на четыре подпроцесса: «Добавление необходимых классификаций и свойств в шаблоне проекта», «Разработка ТИМ модели», «Назначение классов и свойств элементам модели», «Выгрузка сметы с помощью плагина LabPP». Возможно рассмотреть каждый процесс более подробно, то есть провести декомпозицию процессов.

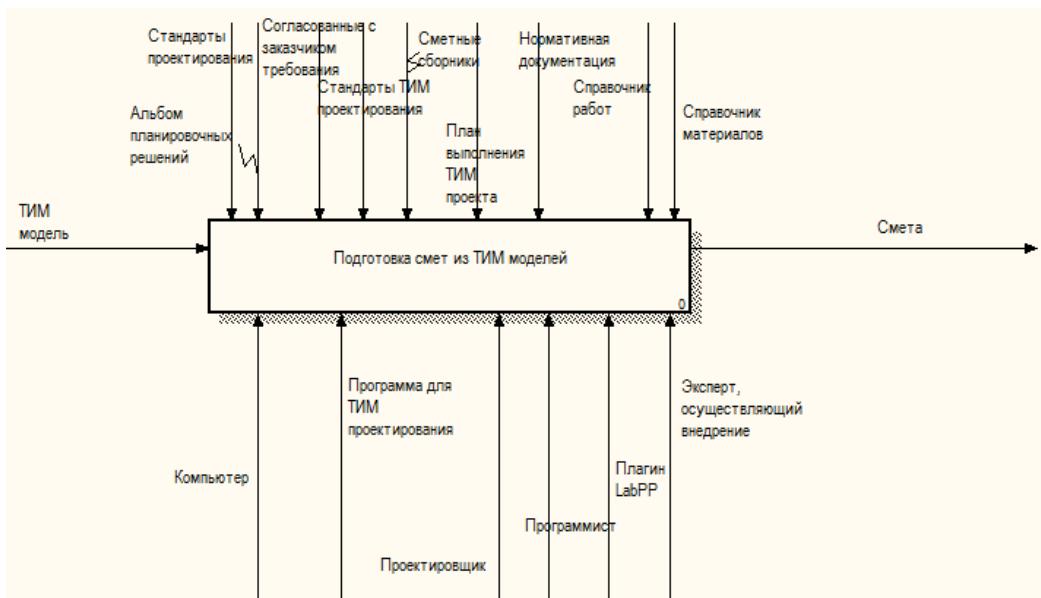


Рис. 1 - Первый уровень модели IDEF0 «Подготовка смет из ТИМ моделей»

Fig. 1 – The first level of IDEF0 model “Preparation of estimates from BIM models”

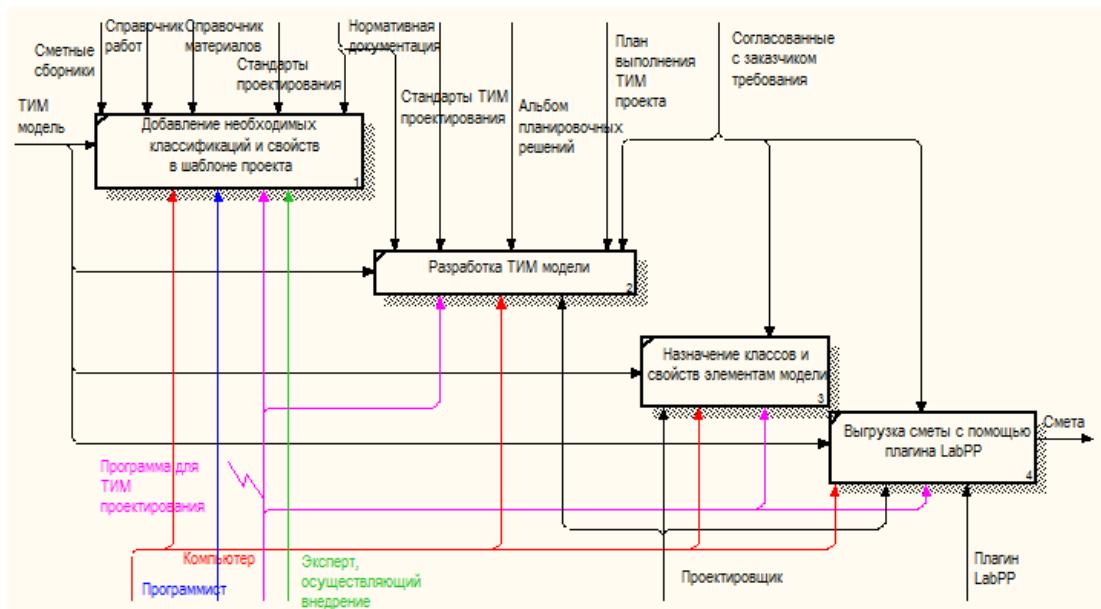


Рис. 2 - Второй уровень модели IDEF0 «Подготовка смет из ТИМ моделей»

Fig. 2 - The second level of IDEF0 model “Preparation of estimates from BIM models”

Заключение

Разработанный способ автоматизированного получения проектно-сметной документации на основе ТИМ модели, создание справочника материалов и справочника работ, добавление классификаций и свойств элементов модели в шаблон файла позволит решить проблему некорректного расчета сметной стоимости, проблему учета в существующих сметных расценках современной технологии работ, сократит сроки реализации проектов, повысит прозрачность бизнес-процессов, снизит риски ошибок при проектировании и на этапе непосредственного возведения строительных объектов, упростит

организацию мониторинга и контроль над процессом строительства.

Дальнейшие исследования будут направлены на применение системного подхода и методов системного анализа, на расширение теоретической базы, углубление

понимания определенных аспектов представленной темы, а также на разработку методов оценки эффективности описанных информационных систем.

Литература

1. Перечень российского программного обеспечения для субъектов градостроительной деятельности в соответствии с данными единого реестра российского

программного обеспечения для ЭВМ (данная информация является справочной) [Электронный ресурс]: сайт Минстроя России. - Москва, 2025. - Режим доступа: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/143878/>.

2. E. Chuck, T. Paul, S. Rafael, L. Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, second edition, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2011, C.53.

3. Об утверждении плана мероприятий (“дорожной карты”) по использованию технологий информационного моделирования при проектировании и строительстве объектов капитального строительства, а также по стимулированию применения энергоэффективных и экологичных материалов, в том числе с учетом необходимости их производства в РФ: Распоряжение Правительства РФ от 20.12.2021 № 3719-р (ред. от 06.12.2022) // Правительство Российской Федерации. – 2022. – 17с.

4. Dr. Peter Smith, В сб. Procedia Engineering 85, Elsevier, Sydney, 2014. С. 482-492.

5. А. О. Алексеев, В. С. Гладких. Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика, 1, 49-57 (2021).

6. В. В. Малахов, О. Н. Замша. Экономика строительства и природопользования, 2, 91, 84-93 (2024).

7. А. Ю. Котов. В сб. докладов. 82-я Международная научно-методическая и научно-исследовательская конференция МАДИ, Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, 2024. С. 164-170.

8. Л. Б. Зеленцов, Я. А. Кокарева, Н. Г. Акопян Строительное производство, 2, 29-34 (2020).

9. В. Л. Курбатов, В. И. Римшин, И. Л. Шубин, С. В. Волкова. Информационное моделирование и искусственный интеллект в современном строительстве и жилищно-коммунальном хозяйстве, Издательство АСВ, Москва, 2025, С.132-136.

10. А.К. Шушаков. Современные технологии в строительстве. Теория и практика, 1, 296-300 (2024).

11. Д. В. Чистов. В сб. Новые информационные технологии в образовании, ООО "1С-Паблишинг", Москва, 2023. С. 444-448.

12. Industry Foundation Classes (IFC). Frequently Asked Questions [электронный ресурс]: сайт компании./. Международный орган buildingSMART International, отвечающий за отраслевой базовый класс (IFC). -Сайт, 2025.-.режим доступа к сайту: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>

13. У. Д. Энгельке. Как интегрировать САПР и АСТПП: Управление и технология, Машиностроение, Москва, 1990, С.15.

14. В. Н. Романов. Системный анализ для инженеров, СЗГЗТУ, Санкт-Петербург, 2006, С.18.

15. А. В. Кониченко, Ю. А. Цепов. Алгоритмы, методы и системы обработки данных, 10, 130-136 (2005).

16. Ю. А. Цепов. Архитектура и строительство, 3, 100-104 (2016).

17. Руководящий документ Методология функционального моделирования IDEF0, ИПК Издательство стандартов, Москва, 2000, С.60-62.

18. ГОСТ Р 71177-2023 Управление крупными строительными проектами с использованием интегрированных контрактов. -Москва: ФГБУ "РСТ", 2024. – 68с.

19. Свод правил: СП 333.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях

жизненного цикла. -Официальное издание. Москва: Стандартинформ, 2021, -177с.

20. Ю. С. Кандрашкина. Научный электронный журнал Меридиан, 5, 58, 198-200 (2021).

References

1. List of Russian software for subjects of urban planning activities in accordance with the data of the unified register of Russian software for computers (this information is reference) [Electronic resource]: website of the Ministry of Construction of Russia.- Moscow, 2025. - Access mode: <https://www.minstroyrf.gov.ru/docs/143878/>.
2. E. Chuck, T. Paul, S. Rafael, L. Kathleen. BIM handbook: a guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors, second edition, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, 2011, P.53.
3. On approval of the action plan (“road map”) for the use of information modeling technologies in the design and construction of capital construction projects, as well as to promote the use of energy efficient and environmentally friendly materials, including taking into account the need for their production in the Russian Federation: Order of the Government of the Russian Federation of 20.12.2021 № 3719-r (ed. of 06.12.2022) // Government of the Russian Federation. - 2022. – 17p.
4. Dr. Peter Smith, In proceedings Procedia Engineering 85, Elsevier, Sydney, 2014. P. 482-492.
5. А. О. Alekseev, V.S. Gladkikh. Vestnik ASTU. Ser.: Management, Computer Science and Informatics, 1, 49-57 (2021).
6. V. V. Malakhov, O. N. Zamsha. Economics of Construction and Nature Management, 2, 91, 84-93 (2024).
7. А. Y. Kotov. In proceedings. 82nd International Scientific, Methodological and Research Conference MADI, Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI), Moscow, 2024. P. 164-170.
8. L. B. Zelentsov, Y. A. Kokareva, N. G. Akopyan Construction production, 2, 29-34 (2020).
9. V. L. Kurbatov, V. I. Rimshin, I. L. Shubin, S. V. Volkova. Information modeling and artificial intelligence in modern construction and housing and communal services, ASV Publishing House, Moscow, 2025, P.132-136.
10. A.K. Shushakov. Modern technologies in construction. Theory and Practice, 1, 296-300 (2024).
11. D.V. Chistov. In proceedings New information technologies in education, LLC “1C-Publishing”, Moscow, 2023. P. 444-448.
12. Industry Foundation Classes (IFC). Frequently Asked Questions [electronic resource]: company website./ Industry Foundation Classes (IFC) International body buildingSMART International. -Site, 2025.-.Access mode: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/>.
13. W. D. Engelke. How to integrate CAD/CAM Systems: Management and technology, Mechanical engineering, Moscow, 1990, P.15.
14. V. N. Romanov. System Analysis for Engineers, NWGZTU, St. Petersburg, 2006, P.18.
15. A. V. Konichenko, Y. A. Tsepo. Algorithms, Methods and Systems of Data Processing, 10, 130-136 (2005).
16. Y. A. Tsepo. Architecture and Construction, 3, 100-104 (2016).
17. Guiding document Methodology of functional modeling IDEF0, IPK Publishing House of Standards, Moscow, 2000, P.60-62.
18. GOST R 71177-2023 Management of large construction projects using integrated contracts. -Moscow: FGBU “RST”, 2024. – 68p.

19. Code of Regulations: SP 333.1325800.2020. Information modeling in construction Rules for the formation of an information model of objects at various stages of the life cycle. -Official edition. Moscow: Standardinform, 2021, - 177p.

20. Y. S. Kand rashkina. Meridian Scientific Electronic Journal, 5, 58, 198-200 (2021).

© **А. Г. Мухаметзянова** – д-р тех. наук, доцент, зав. каф. Инженерной компьютерной графики и автоматизированного проектирования, Казанский национальный исследовательский технологический университет (КНРТУ), Казань, Россия, asia@kstu.ru; **А. Ф. Халилов** – инженер-проектировщик, производственно-технический отдел, ООО «Инфоматика», Казань, Россия, afkhalilov@mail.ru; **Ю. А. Цепов** – ИП, руководитель ЛАБПП, Курск, Россия, Jurii@Tsepov.com.

© **A. G. Mukhametzyanova** – Doctor of Sciences (Technical Sci.), Associate Professor, Head of the Department of Computer Graphics Engineering and Computer-aided Design, Kazan National Research Technological University (KNRTU), Kazan, Russia, asia@kstu.ru; **A. F. Khalilov** – Design Engineer, Production and Technical department, LLC «Infomatica», Kazan, Russia, afkhalilov@mail.ru; **Yu. A. Tsepov** – Individual entrepreneur, Head of LABPP group, Kursk, Russia, Jurii@Tsepov.com.

Дата поступления рукописи в редакцию – 04.05.25.

Дата принятия рукописи в печать – 30.08.25.