

Алгоритм анализа и контроля качества данных и качества проекта с применением цифровой информационной модели

В.С. Редько, Н.Я. Цимбельман

Дальневосточный федеральный университет

Аннотация: Интеграция цифровой информационной модели объекта капитального строительства с данными на основе расширяемого языка разметки в сфере архитектуры представляет собой значительный шаг вперед в совершенствовании процессов анализа и контроля качества проектов объектов капитального строительства. В работе авторы исходят из предпосылки, что качество проекта зависит от качества данных и цифровой информационной модели. Предлагается алгоритм определения, анализа и оценки качества проекта с применением стандартных общих критериев оценки качества данных, информационных требований заказчика, правил формирования цифровой информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла проекта и сложившихся практик работы с цифровыми информационными моделями. Проведён анализ характерных параметров модели, отвечающих за качество данных и проекта, в стандартных наборах проверок для верификации стандартов и исследований. Алгоритм включает перевод критериев качества данных и проекта из информационных требований заказчика в схему расширяемого языка разметки.

Ключевые слова: расширяемый язык разметки, информационное техническое задание, цифровая информационная модель, качество данных, качество проекта, алгоритм проверки модели.

Введение

В настоящий момент, как наиболее цитируемые так и последние научные работы в области технологии информационного моделирования в строительстве и формирования цифровой информационной модели (ЦИМ) здания, задевающие или непосредственно рассматривающие вопросы качества проекта (КП) и качества данных (КД) поступающих и получаемых в ЦИМ, отмечают важность контроля процессов проектирования и проверки проекта.

В своей статье о ключевых показателях, используемых для оценки эффективности управления проектной информацией с помощью BIM-технологий, С.А. Мохначев с коллегами подчёркивают важность интеграции ЦИМ для улучшения управления строительными проектами. Основное внимание уделяется анализу и определению ключевых показателей, которые помогают оценивать качество и эффективность управления проектной

информацией на разных стадиях жизненного цикла (ЖЦ) строительного объекта. Рассматриваются методологии, подходы и инструменты, используемые для измерения и анализа данных, а также приводятся примеры их практического применения в реальных проектах [1].

Авторы С.А. Волков и Т.В. Хрипко в своей работе рассматривают различные типы схем расширяемого языка разметки (XML Schema Definition — XSD), включая схемы для проектных, строительных и исполнительных моделей, и подчеркивают важность стандартизации и верификации данных для обеспечения их совместимости и надежности. В статье также предлагаются сценарии использования XSD для улучшения информационного взаимодействия и автоматизации процессов управления строительством [2].

Автор Д. Смирнов в обзорной статье подчеркивает важность качества данных и качества проекта для успешного управления строительными проектами [3]. Он акцентирует внимание на необходимости создания надежных и структурированных информационных контейнеров, которые включают как изменяемые, так и неизменяемые наборы данных. Смирнов также отмечает, что применение этих контейнеров помогает в минимизации рисков и повышении эффективности проектных процессов за счет точного и своевременного управления информацией.

В работе Л.А. Сулеймановой и И.С. Рябчевского обсуждается важность качества данных для обеспечения точной и эффективной оценки устойчивости проектов на протяжении всего жизненного цикла зданий. Авторы подчеркивают, что структурированные и стандартизированные данные в формате IFC играют ключевую роль в автоматизации процессов оценки и управления проектами [4].

Авторы С.Г. Шеина, Е.В. Виноградова и Ю.С. Денисенко подчеркивают, что использование BIM технологий значительно улучшает

качество данных и проекта при обследовании зданий. Применение информационного моделирования ускоряет процесс формирования отчетов и обеспечивает более полное и точное представление фактического состояния строительных конструкций по сравнению с традиционными методами [6].

Особенно выделяется место информационных требований заказчика (ИТЗ) в общей схеме формирования ЦИМ уже на самых ранних стадиях [2, 7]. При этом, в упомянутых работах, хоть и ссылаются на критерии качества и стандарты проектирования и формирования ЦИМ [8], не представлены последовательные алгоритмы определения КД и КП, в которых сочетаются не только уже утверждённые в ГОСТ Р 58439.1-2019/ISO 19650-1:2018 «Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы» и ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных» критерии КП, но и объективные критерии КД, утверждённые в ГОСТ Р ИСО/ТС 8000-1-2009. «Качество информационных данных. Часть 1. Обзор» и используемые в информационных системах (ИС). Также слабо представлена связь между параметрами ЦИМ, используемыми разработчиками программного обеспечения и проектировщиками, с критериями КД предлагаемыми зарубежными авторами в своих работах [7].

Актуальность вопроса контроля качества данных, как ключевого критерия и предиктора качества проекта, выражена в стремительно растущих требованиях ИТЗ и количеству параметров ЦИМ, которые подвергаются проверке. Одной из проблем, с которыми приходится справляться проектным группам в процессе принятия своевременных решений, это невозможность

однозначно утверждать, объективны ли требования ИТЗ к данным ЦИМ и чем обосновывать выбор тех или иных параметров модели при проверке.

В общем потоке исследований работа занимает объединяющее место (Рис. 1), проверяя и укладывая в алгоритм определение, анализ и оценку (ОАО) качества проекта, используемые на практике методы и параметры проверок ЦИМ и прописанные в упомянутых научных работах и стандартах критерии КД.

Цель исследования в данной работе — предложить алгоритм обеспечения КД на основе статистического анализа проверок ЦИМ и используемых в них параметров, согласовав в процессе описываемые в различных работах и стандартах критерии с исчисляемыми параметрами модели. Общая схема работы представлена ниже на схеме (Рис. 1).

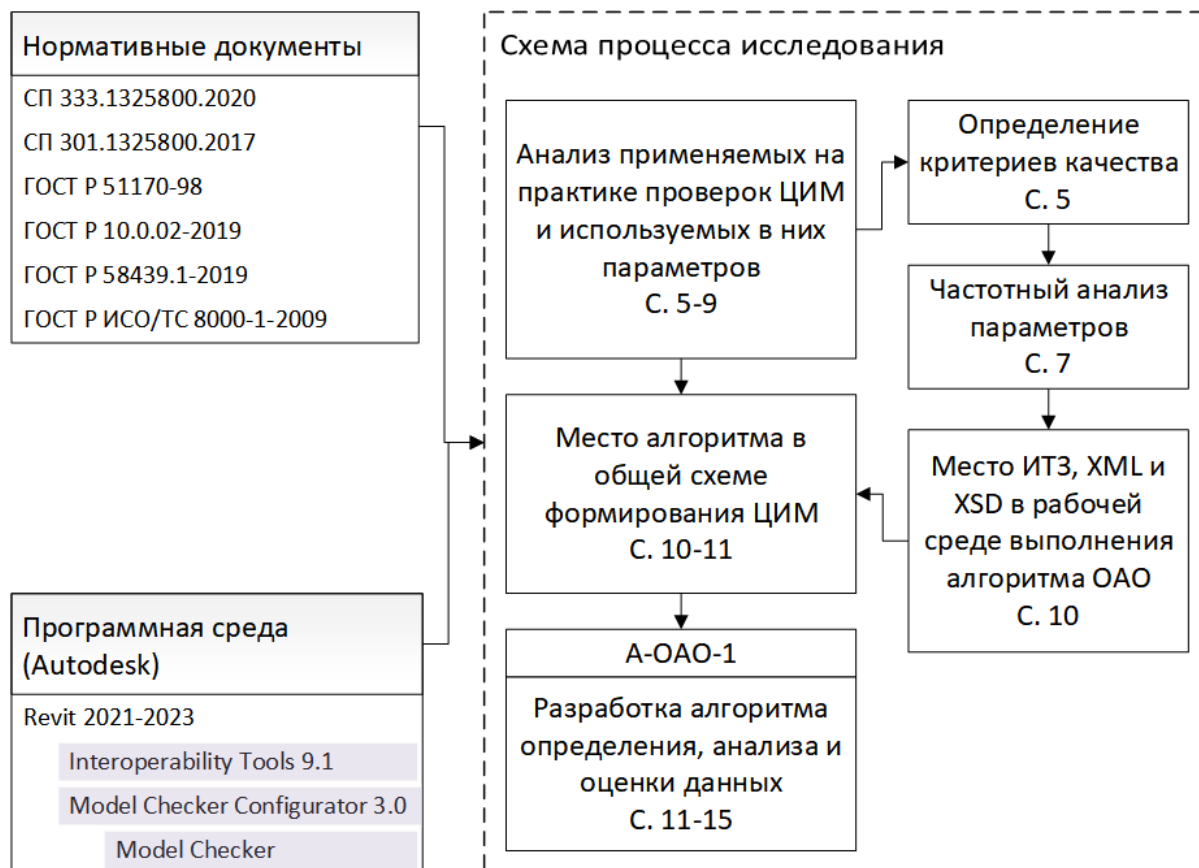


Рис. 1. — Схема и контекст работы

В процессе работы, авторы старались достичь следующих целей:

- 1) разработать алгоритм проверки модели.
- 2) подвергнуть анализу применяемые на практике проверки ЦИМ и используемые в них параметры;
- 3) обозначить место алгоритма в общей схеме формирования ЦИМ;

Предпосылки использования стандарта расширяемого языка разметки

Расширяемый язык разметки (Extensible Markup Language — XML) служит универсальным стандартизированным инструментом соблюдения требований предъявляемых к качеству данных КД и согласно ГОСТ Р 10.0.02-2019/ИСО 16739-1:2018 «Система стандартов информационного моделирования зданий и сооружений. Отраслевые базовые классы (Industry Foundation Classes — IFC) для обмена и управления данными об объектах строительства. Часть 1. Схема данных» применяется с целью сформировать универсальный механизм, способный описать здания и сооружения на протяжении всего их жизненного цикла. Этот механизм подходит не только для универсального обмена данными, но и в качестве основы для реализации и обмена базами данных изделий, а также документирования. В сочетании с цифровой информационной моделью ЦИМ, данные XML упрощают и оптимизируют анализ и контроль качества за счет точного захвата практически всей доступной информации в ЦИМ, возможности картирования данных, создания преднастроенных схем картирования и интерпретации данных XSD [2], последующего анализа и доступности за счёт открытости на всех этапах, что соответствует положениям информационного BIM-менеджмента и требованиям ГОСТ Р 58439.1-2019 «Организация информации об объектах капитального строительства. Информационный менеджмент в строительстве с использованием технологии информационного моделирования. Часть 1. Понятия и принципы».

Основные предпосылки для использования XML стандарта как основного способа передачи и анализа информации:

- **стандартизация обмена данными XML** обеспечивает стандартизированный формат для обмена данными между различными системами, задействованными в строительном проекте за счёт постоянного обновления глобальным открытым сообществом и применениями федеральными органами исполнительной власти;

- **облегчение интеграции данных** даёт возможность интегрировать сложные наборы данных из различных источников в единую аналитическую модель благодаря гибкой структуре XML и возможности использования XSD, о чём прямо говорится в СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла»;

- **автоматизация** процессов проверок качества с использованием правил, основанных на подходах, определенных в межотраслевых стандартах работы с XML данными, применяемых к ЦИМ и инструментах проверок с открытым кодом.

Критерии качества

Ниже приведены выявленные нами наиболее значимые критерии КД и КП для ИС и ЦИМ, которые были использованы в разработке алгоритма определения, анализа и оценки ОАО. Данные критерии являются результатом частотного анализа отчётов о нарушениях стандартов формирования ЦИМ по информационным требованиям заказчика ИТЗ трёх реализованных проектов [7], отечественных СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» и частотного анализа проверок, применяемых на практике при проверке ЦИМ программным комплексом Model Checker. Данные проверки были

выбраны потому, что они предъявляют к ЦИМ самые высокие требования и проверяют КД и КП на соответствие всем нижеперечисленным критериям:

- 4) **классификация** — использование системы классификации строительной информации (КСИ) (и системы именования) для организации элементов ЦИМ в группы согласно СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла»;
 - 5) **идентичность (Identification — ID)** — присвоение уникальных имён и кодов [9];
 - 6) **иерархия** — использование иерархической структуры для определения взаимосвязи между элементами;
 - 7) **информационная идентичность** — использование идентичных общих параметров и файлов общих параметров (ФОП) для передачи информации о элементах ЦИМ [10];
 - 8) **координация** — дисциплинарное разделение ЦИМ и информации между отдельными моделями и рабочими наборами в соответствии со стратегией запуска проекта утверждённой в ИТЗ;
 - 9) **уровень проработки модели (Level of Development — LOD)** — задает минимальный объем геометрических, пространственных, количественных, а также любых атрибутивных данных, необходимых для решения задач информационного моделирования на конкретной стадии жизненного цикла объекта, согласно СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла»;
 - 10) **ассоциация** — картирование и сопоставление всей необходимой информации об уже существующих на площадке строительства
-

элементах с элементами ЦИМ, параметрами утверждёнными отечественными стандартами и параметрами элементов ЦИМ закреплёнными в ИТЗ [11];

11) **избыточность** — удаление дублированных или неиспользуемых элементов ЦИМ и полей информации [7];

12) **стадийность** — присвоение уникального утверждённого в ИТЗ параметра для отслеживания информации о стадийности проекта и ЦИМ;

13) **пространственная ориентация** — пространственная информация (геометрия и расположение) элементов ЦИМ в соответствии с LOD, целями и сценариями использования ЦИМ СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла».

Ниже приведён анализ трёх стандартных наборов проверок «Best Practices for Revit 2021» за 2019-2021 годы демонстрирующий актуальность критериев КД ЦИМ приведённых выше. Из графика (Рис. 2) видно, что чем выше требования к КД и КП, тем больше критериев и связанных с ними параметров будут проходить постоянную обязательную проверку.

Обязательная проверка — проверка, в которой все значения проверяются при каждом цикле проверки, должны быть заполнены в полном соответствии с ИТЗ без допущений, должны полностью соответствовать критериям безошибочности и достоверности данных согласно ГОСТ Р 51170-98 «Качество служебной информации. Термины и определения».

Проверка считается пройденной только если нет ни единой ошибки в отчёте. Ниже в порядке приоритета по убыванию приведено описание ключевых проверяемых параметров согласно программному интерфейсу

приложения (Application Programming Interface — API) программы Revit, использованных в проанализированных XSD файлах проверок:

- 1) **Is Element Type**: указывает, является ли элемент типом, а не экземпляром. Отличает определения (типы) от фактических экземпляров в модели;
 - 2) **Full Class Name**: полное имя класса, к которому принадлежит элемент. Включает пространство имен и имя класса, обеспечивая уникальный идентификатор API;
 - 3) **RBS_SYSTEM_NAME_PARAM**: представляет имя встроенного параметра (Revit Building Services — RBS) программной среды Revit. Используется в контексте механического, электрического, сантехнического оборудования (Mechanical, Electrical, and Plumbing — MEP);
 - 4) **OST_MechanicalEquipment**: относится к категории механического оборудования в Revit, такого как (Heating, Ventilation, and Air Conditioning — HVAC) HVAC-установки, насосы и другие механические компоненты;
 - 5) **RBS_SYSTEM_CLASSIFICATION_PARAM**: описывает классификацию системы RBS, такую как подача воздуха, возврат воздуха или вытяжка в системах HVAC;
 - 6) **OST_SharedBasePoint**: указывает категорию общей базовой точки, которая используется для определения общей точки отсчета в связанных файлах проекта;
 - 7) **OST_Rooms**: относится к категории помещений в Revit, охватывая пространственные элементы, которые определяют области в здании;
 - 8) **ROOM_LEVEL_ID**: идентификатор уровня, на котором расположено помещение. Помогает в организации и локализации помещений в общей структуре здания;
-

9) **OST_MEPSpaces**: представляет пространства в проектировании MEP, используется для определения зон для анализа отопления, охлаждения и вентиляции;

10) **OST_Views**: категория для видов в Revit, включая различные типы видов, такие как планы этажей, фасады, разрезы и 3D-виды;

Как видно из графика, есть параметры модели, к которым при проверках обращаются чаще других. Частота их использования положительно коррелирует с их позицией согласно приоритету критериев КД, описанной выше. Для обеспечения требуемого КП необходимо на этапе составления ИТЗ (Рис. 4) определить ключевые параметры для применения в алгоритме ОАО.

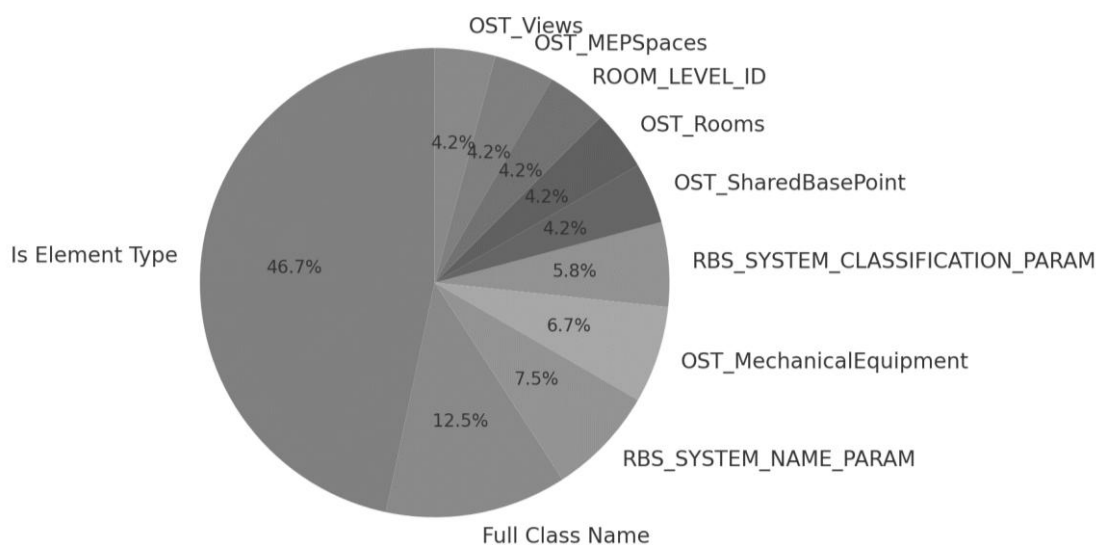


Рис. 2 — Частотный анализ соотношения обязательных параметров к общему числу проверок параметров в проанализированных наборах

Форматирование данных

XML — это открытый формат файла, используемый для хранения, передачи и восстановления произвольных данных по заранее заданной схеме. Он определяет правила кодирования документов в формате, который одновременно читаем как для человека, так и для машины. XML

предоставляет простоту, общность и удобство использования в Интернете и обладает сильной поддержкой для различных языков благодаря стандарту Unicode.

На сайте Министерства строительства и ЖКХ Российской Федерации представлена информация об отечественных XSD. Эти XSD связаны с различными документами и процессами в области капитального строительства. В XSD входят форматы для представления результатов анализа рынка, сводных сметных документов, заключений экспертизы и информации о признании проектной документации объектов капитального строительства (ОКС). Ниже приведена общая схема рабочей среды, где:

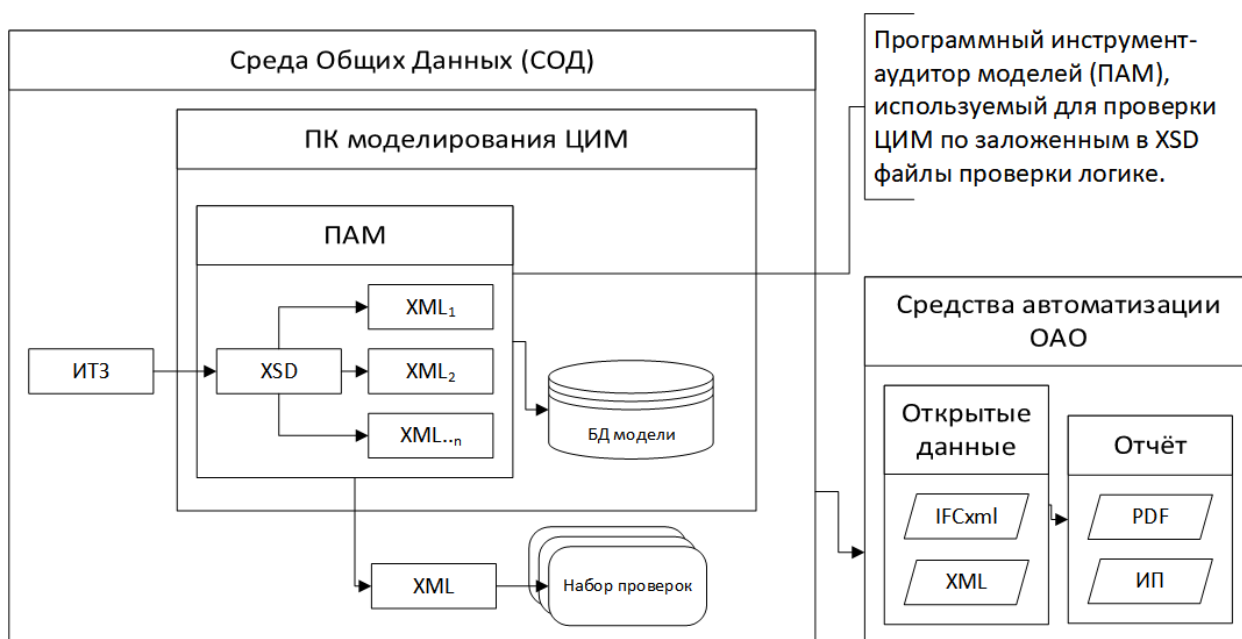


Рис. 3 — Место ИТЗ, XML и XSD в рабочей среде для ОАО

ИТЗ — информационные требования заказчика, XSD (1,2..n) — общая XML схема и её подмножества, БД — база данных, XML — расширяемый язык разметки, ifcXML — открытый индустриальный формат и структура данных, (Portable Document Format — PDF) — межплатформенный портативный открытый формат электронных документов, ИП —

информационные панели визуализации данных, ОАО — анализ и оценка данных, ЦИМ – цифровая информационная модель, ПК — программный комплекс для выполнения ОАО (Рис. 3).

Место ОАО в процессе проектирования

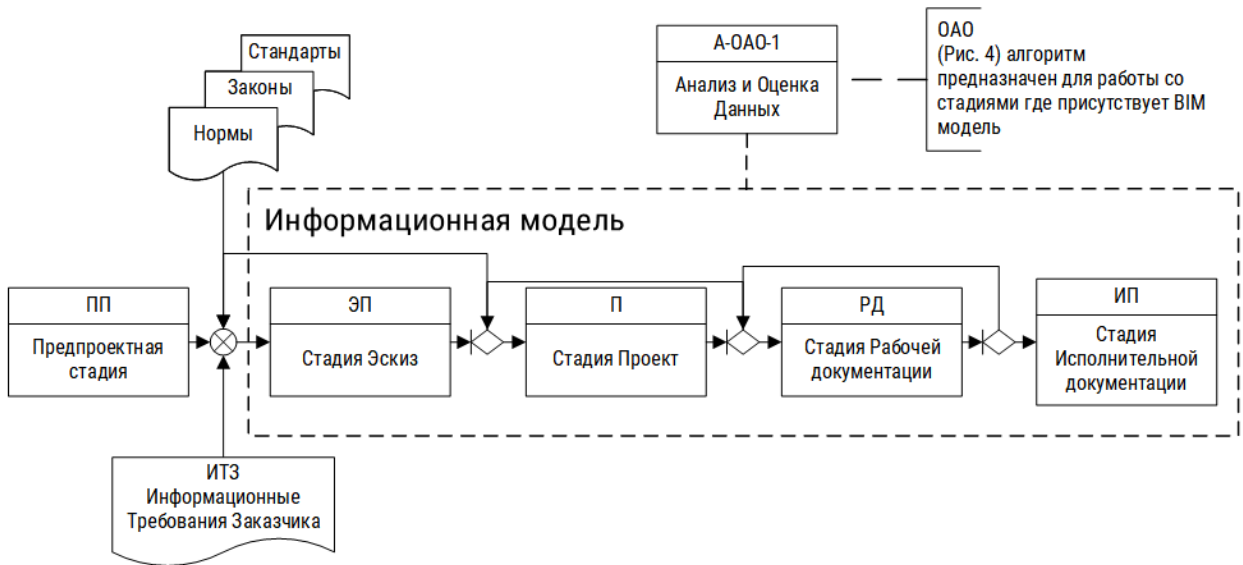


Рис. 4. — Обобщённая схема и место ОАО (А-ОАО-1) в стадийности проектирования с использованием информационной модели

Выше приведена обобщённая схема алгоритма стадийности проектирования с использованием информационной модели (Рис. 4). Схема приводится для понимания места данного алгоритма в общем алгоритме проектных работ. На каждом переходе между стадиями в момент применения алгоритма, есть возможность отладки и возврата на предыдущий этап благодаря внедрению ИТЗ уже в самом начале проектных работ и работе в среде общих данных (СОД). Структура СОД не рассматривается в данной работе, так как не является обязательным требованием для работы с алгоритмом ОАО. Отметим только, что характерной чертой СОД является возможность получения доступа извне и изнутри организации, отвечающей за формирование и контроль ЦИМ и ограничения доступа к информации

отдельных групп или участников проекта по необходимости. Данная возможность является ключевой на завершающих стадиях проектирования по мере роста объёма информации и её сложности.

Алгоритм определения, анализа и оценки данных

Алгоритм ОАО разработан для реализации с использованием программного инструмента-аудитора моделей (ПАМ), расширяющего возможности программных комплексов (ПК) моделирования ЦИМ. В рабочей среде ПК Revit от компании Autodesk данному ПАМ присвоено имя Model Checker.

Model Checker — это ПАМ, используемый в проектах для проверки ЦИМ по заложенным в XSD файлы проверки логике. Каждая организация самостоятельно решает, в какой среде разработки и для какого ПК моделирования ЦИМ реализовывать данный инструмент, но в целом базовый функционал остаётся постоянным и расширяется по мере роста стандартизации процесса формирования ЦИМ в организации.

ИТЗ — определяет обмен информацией между заинтересованными сторонами на протяжении всего ЖЦ проекта, подробно описывая требуемые данные, документацию и результаты на каждом этапе. При полном соблюдении логики, предложенный алгоритм гарантирует соблюдение критериев КД и КП, предъявляемых отечественными стандартами, и использует международный и отечественный опыт, учитывающий особенности формирования ЦИМ и проектирования ОКС в РФ.

Данный алгоритм гарантирует, что ЦИМ соответствует ожиданиям всех участников проекта. Кроме того, роль ПАМ в алгоритме при необходимости расширяется до постоянного мониторинга за КД и КП для оперативного принятия решений [5, 12]. Ниже (Рис. 5) приведён алгоритм А-ОАО-1 с пояснением каждого шага. В алгоритме используется ПАМ для

достижения, заданных в ИТЗ, утверждённых всеми участниками проекта критериев КД и КП, где СС — следующая стадия, ПС — предыдущая стадия.

Алгоритм состоит из следующих шагов:

- A.1. На данном шаге создаётся тестовая ЦИМ для отработки вариантов нарушений ИТЗ.
 - A.2. Набор проверок состоит из подмножества проверок, каждая проверка в свою очередь является отдельным набором правил фильтрации параметров и условий в соответствии со значениями, зафиксированными в ИТЗ.
 - A.3. Файл набора проверок хранится в СОД для последующего доступе всех участников проекта. Имя файла должно соответствовать требованиям СП 301.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила организации работ производственно-техническими отделами», СП 333.1325800.2020 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла» и ИТЗ согласно стратегии использования ЦИМ.
 - A.4. Создаются комбинации условий нарушающих ИТЗ и требования упомянутых стандартов.
 - A.5. Создаются отдельные проверки для последующего последовательного добавления в набор.
 - A.6. Запускается цикл проверки для анализа отдельных условий и параметров.
 - A.7. Решение — если ошибки в ЦИМ не выявлены, переходим к следующему шагу.
 - A.8. Если ошибки в ЦИМ не выявлены, значит необходимо выполнить процедуру проверки параметров и их значений, чтобы они нарушали ИТЗ.
-

- А.9. Решение — значения и параметры подобраны верно, но ошибки ЦИМ не выявлены.
- А.10. Решение — симуляция составлена верно, но ошибки в ЦИМ не выявлены.
- А.11. Решение — если ИТЗ **соответствует** упомянутым выше стандартам, необходимо перейти к процедуре **Б01** — проверка работоспособности ПК моделирования ЦИМ и анализ прочих, не связанных с ЦИМ факторов. Если ИТЗ **не соответствует стандартам**, необходимо перейти к процедуре **В01** — пересмотру или доработке ИТЗ.
- А.12. Необходимо сохранить каждую проверку отдельно, для возможности в дальнейшем комбинировать проверки и создавать различные наборы проверок под возможные изменения ИТЗ.
- А.13. Необходимо добавить файлы проверок в общий набор проверок и сохранить в СОД в формате XML для последующего доступа всеми участниками проекта.
- А.14. Запускается цикл, в котором проверяется весь набор проверок.
- А.15. Решение — при наличии пройденных проверок, возвращение назад для принятия решений о доработке отдельных проверок, ЦИМ или ИТЗ.
- А.16. Файл отчёта может иметь разные форматы, но самым распространённым и предпочтительным является формат данных разделённых запятой (Comma-Separated Value — CSV), так как он является открытым стандартом табличных данных в машиночитаемом виде и удобен для построения ИП и прочих операций преобразования, сбора и анализа данных.

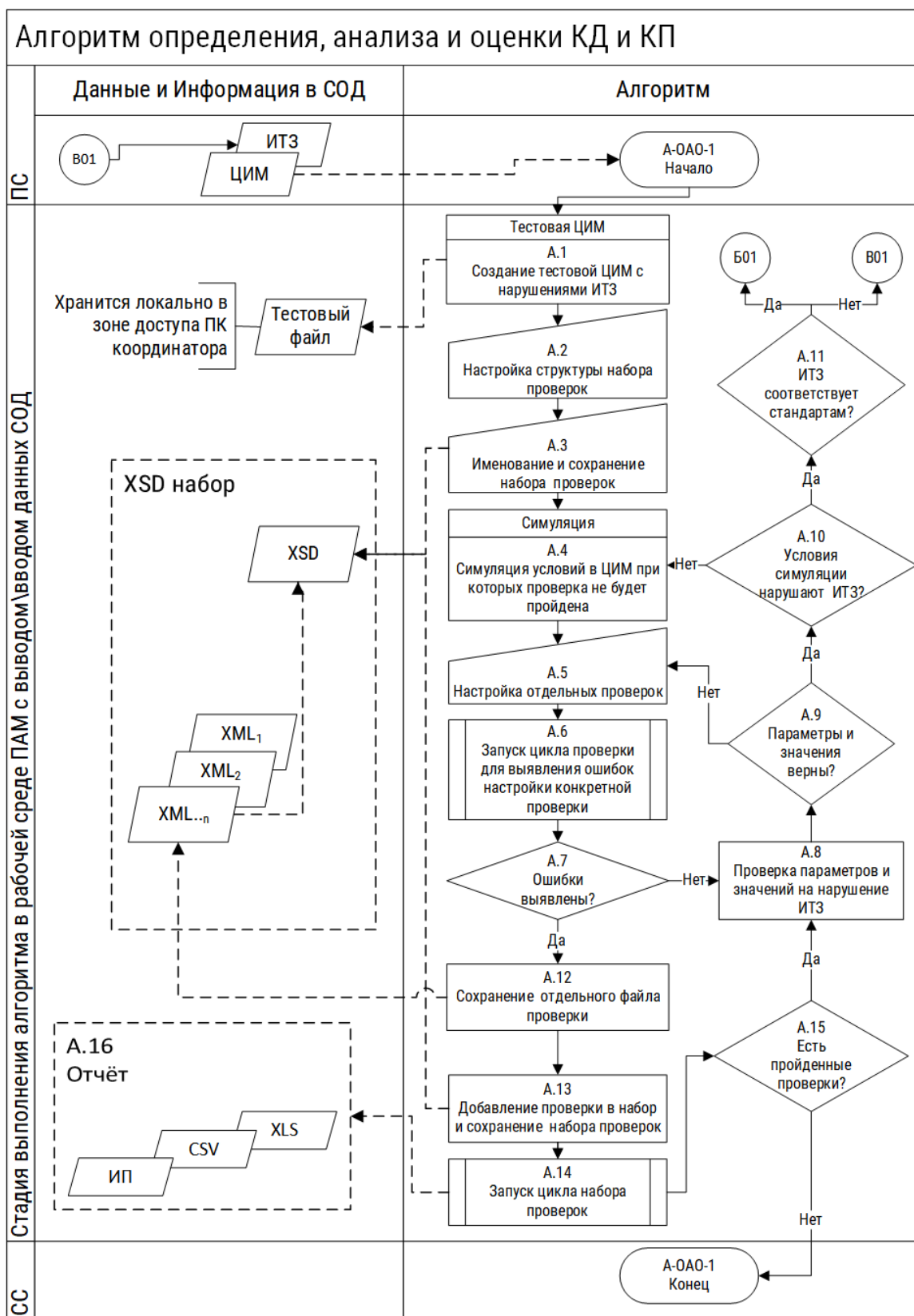


Рис. 5. — Алгоритм А-ОАО-1 по ИТЗ для соблюдения установленных критериев КД и КП

Заключение

Данный алгоритм может быть использован уже на стадии обсуждения ИТЗ и требуемых будущих параметров проверки. Для выполнения требуется лишь наличие информации в любом стандартном для ЦИМ формате. Авторы рекомендуют использовать данный алгоритм на самых ранних стадиях обсуждения проекта и привлекать в работу всех будущих участников для создания и утверждения наиболее точной схемы обеспечения КД и КП. Ключевым фактором является доступность и открытость информации на каждом этапе ЖЦ ОКС в рамках алгоритма, особенно к результатам ОАО в формате регламентированных отчётов согласно стандартам проектной организации.

Литература

1. Мохначев С.А., Якушев Н.М., Климова А.В., Макарова Е.Р. Ключевые показатели BIM в области управления проектной информацией // Интеллектуальные информационные системы: теория и практика. Курск: Курский государственный университет, 2020. Т. 1. С. 80-90.
 2. Волков С.А., Хрипко Т.В. Применение XML-схем при формировании структуры информационной модели объектов капитального строительства // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 11. С. 1570-1583.
 3. Смирнов Д. Информационный BIM-менеджмент в соответствии с ISO 19650 // Путевой навигатор. 2022. № 50. С. 24-29.
 4. Сулейманова Л.А., Рябчевский И.С. Управление данными BIM-модели при оценке устойчивости жизненного цикла зданий // Университетская наука. 2023. № 1 (15). С. 117-119.
 5. Kadcha Y., Legmouz D., Hajji R. An integrated bim-power bi approach for data extraction and visualization / The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2022. V. XLVIII-4-W4. pp. 67-73.
-



6. Шеина С.Г., Виноградова Е.В., Денисенко Ю.С. Пример применения BIM технологий при обследовании зданий и сооружений // Инженерный вестник Дона. 2021. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7037.
7. Tsay G., Staub-French S., Poirier E., Zadeh P., Pottinger R. BIM for FM: understanding information quality issues in terms of compliance with owner's Building Information Modeling Requirements // *Frontiers in Built Environment*. 2023. V. 9. BIM for FM. pp. 1117066.
8. Синенко С.А., Дорошин И.Н., Гергоков И.Х. Обобщение опыта выбора организационно-технологических решений при возведении зданий // Инженерный вестник Дона. 2020. № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6753.
9. Волкодав В.А., Волкодав И.А. Разработка структуры и состава классификатора строительной информации для применения BIM-технологий // Вестник МГСУ. 2020. Т. 15. № 6. С. 867-906.
10. Baumann J., Constructors T.-C., Bokmiller D., Architecture C.N., Londenberg J. Autodesk® Revit® Parameters: Much More Than Flexible Families // Autodesk University. URL: static.au-uw2-prd.autodesk.com/handout_6600_MP6600_20-20Revit_20Parameters_20-20More_20than_20just_20flexible_20families.pdf.
11. Andrich W., Daniotti B., Pavan A., Mirarchi C. Check and Validation of Building Information Models in Detailed Design Phase: A Check Flow to Pave the Way for BIM Based Renovation and Construction Processes // *Buildings*. 2022. V. 12. Check and Validation of Building Information Models in Detailed Design Phase. No. 2. pp. 154.
12. Rodrigues F., Alves A., Matos R. Construction Management Supported by BIM and a Business Intelligence Tool // *Energies*. 2022. V. 15. No. 9. pp. 3412.

References

1. Mokhnachev S.A., Yakushev N.M., Klimova A.V., Makarova E.R. Kursk. Kurskiy gosudarstvennyy universitet, 2020. T. 1. pp. 80-90.
2. Volkov S.A., Khripko T.V. Vestnik MGSU. 2020. T. 15. № 11. pp. 1570-1583.
3. Smirnov D. Putevoy navigator. 2022. № 50. pp. 24-29.
4. Suleymanova L.A., Ryabchevskiy I.S. Universitetskaya nauka. 2023. № 1 (15). pp. 117-119.
5. Kadcha Y., Legmouz D., Hajji R. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2022. V. XLVIII-4-W4. pp. 67-73.
6. Sheina S.G., Vinogradova E.V., Denisenko Yu.S. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. № 6. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n6y2021/7037.
7. Tsay G., Staub-French S., Poirier E., Zadeh P., Pottinger R. Frontiers in Built Environment. 2023. V. 9. BIM for FM. pp. 1117066.
8. Sinenko S.A., Doroshin I.N., Gergokov I.Kh. Inzhenernyj vestnik Dona. 2020. № 12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2020/6753.
9. Volkodav V.A., Volkodav I.A. Vestnik MGSU. 2020. T. 15. № 6. pp. 867-906.
10. Baumann J., Constructors T.-C., Bokmiller D., Architecture C.N., Londenberg J. Autodesk University. URL: static.au-uw2-prd.autodesk.com/handout_6600_MP6600_20-_20Revit_20Parameters_20-_20More_20than_20just_20flexible_20families.pdf.
11. Andrich W., Daniotti B., Pavan A., Mirarchi C. Buildings. 2022. V. 12. No. 2. pp. 154.
12. Rodrigues F., Alves A., Matos R. Energies. 2022. V. 15. No. 9. pp. 3412.

Дата поступления: 20.05.2024

Дата публикации: 29.06.2024