УДК 004.94

Грахов Валерий Павлович,
профессор, доктор экономических наук
ФГБОУ ВО «Ижевский Государственный Технический Университет
им. М.Т. Калашникова»
Ижевск, Удмуртская Республика, Россия
Перевозчиков Георгий Владимирович
аспирант
ФГБОУ ВО «Ижевский Государственный Технический Университет
им. М.Т. Калашникова»
Ижевск, Удмуртская Республика, Россия

ВОЗМОЖНОСТЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА АРХИТЕКТУРНЫХ И ОБЪЕМНО-ПЛАНИРОВОЧНЫХ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ЦИФРОВОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ МОДЕЛИ С ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММЫ «БИМИТ»

Аннотация. В условиях цифровизации строительной отрасли традиционные методы контроля качества архитектурных решений становятся недостаточно эффективными. Ручная проверка соответствия объемно-планировочных решений (ОПР) концепции проекта и нормативным требованиям является трудоемкой и субъективной. Целью данного исследования является разработка методики автоматизированного анализа организации архитектурного пространства на базе центральной информационной модели (ЦИМ). В работе предложены алгоритмы валидации пространственных и атрибутивных данных в единой среде управления данными (на примере платформы БИМИТ).

Ключевые слова. цифровая информационная модель (ЦИМ); архитектурное пространство; объемно-планировочные решения; проектные решения; информационное моделирование в архитектуре; нормативные требования; цифровизация строительства.

Abstract. In the context of digitalization within the construction industry, traditional methods for controlling the quality of architectural solutions are becoming increasingly ineffective. Manual verification of the compliance of spatial-planning decisions (SPD) with the project concept and regulatory requirements is labor-intensive and subjective. The aim of this study is to develop a methodology for the automated analysis of architectural space organization based on a Central Information Model (CIM). The paper proposes algorithms for validating spatial and attribute data within a unified data management environment (using the BIMIT platform as a case study).

Keywords. digital information model (CIM); architectural space; spatial-planning decisions; design solutions; information modeling in architecture; regulatory requirements; construction digitalization.

Введение. В России продолжает глобальная цифровизация во всех отраслях. Непосредственно цифровизация касается и архитектурно-строительного направления деятельности. Результатом современных архитектурных и объемно-планировочных решений является высокий уровень точности организации пространства. Традиционные методы разработки и проверки архитектурных решений трудоемки и могут быть субъективные. Развитие технологий уже на текущем этапе позволило достичь геометрического моделирования, но прослеживается переход к семантическому (данно-ориентированному) моделированию. Совокупность этих методов должна позволить повысить точность разработки и верификации современных архитектурных решений.

Цель исследования. Проверить возможность настройки программного обеспечения, работающего с цифровыми информационными моделями на примере БИМИТ для проверки архитектурных, объемно-планировочных и проектных решений на

основании предоставляемых моделей зданий школ. Исследовать наличие возможности автоматизации проверок, разработки шаблонов проверок и возможность расширения существующего функционала. Описать методологию составления шаблонов проверок.

Задачи исследования.

1. Проанализировать форматы файлов, принимаемые системой и наличие геометрического и информационного содержания внутри файлов.
2. Оценить наличие существующих инструментов для обработки моделей, включающих архитектурные и объемно-пространственные решения по проекту и возможность их настройки для проверки.
3. Выборочно оценить нормативно-технические требования, предъявляемые к конструкциям (элементам) архитектурного раздела.
4. Оценить применимость существующих инструментов, необходимость доработки или разработки новых инструментов, которые смогут автоматизировать обработку и верификацию архитектурных решений.

Анализ принимаемых системой файлов.

Исследование ведется на базе программного обеспечения БИМИТ – это профильная программа, предназначена для управления жизненным циклом объекта строительства от стадии проектирования, строительства до эксплуатации [1].

Основным форматом загружаемых файлов цифровых информационных моделей зданий и сооружений, является формат открытого стандарта данных IFC [2].

БИМИТ не осуществляет маппинг данных при работе с САПР системами, а работает с готовыми данными, которые закладываются на этапе экспорта IFC-модели из САПР-системы. Внутри программного комплекса происходит отображение атрибутивной информации, описывающей элемент, которая заложена на этапе настройки экспорта из САПРа.

Информационное наполнение можно разделить на 2 блока:
1. Информационное наполнение «по умолчанию» - блок информации, системно описывающий элемент (рис.1).

2. Информационное наполнение «пользовательское» - блок информации, описывающий элемент в соответствие с требования или пользовательскими настройками экспорта данных из САПР-системы (рис.2).

Состав атрибутов нормируется требованиями экспертиза, требованиями заказчика, внутренними стандартами организации к моделированию.

Дополнительной отличительной особенной программного комплекса является функционал внутренней обработки геометрических характеристик элементов на этапе парсинга модели после её загрузки. У элементов в специальной вкладке «Геометрия» появляются рассчитываемые внутри программы данные. (рис.2)

Визуальное расположение элементов в рабочей зоне экрана соответствует расположению элемента в САПР системе, то есть реально запроектированному.

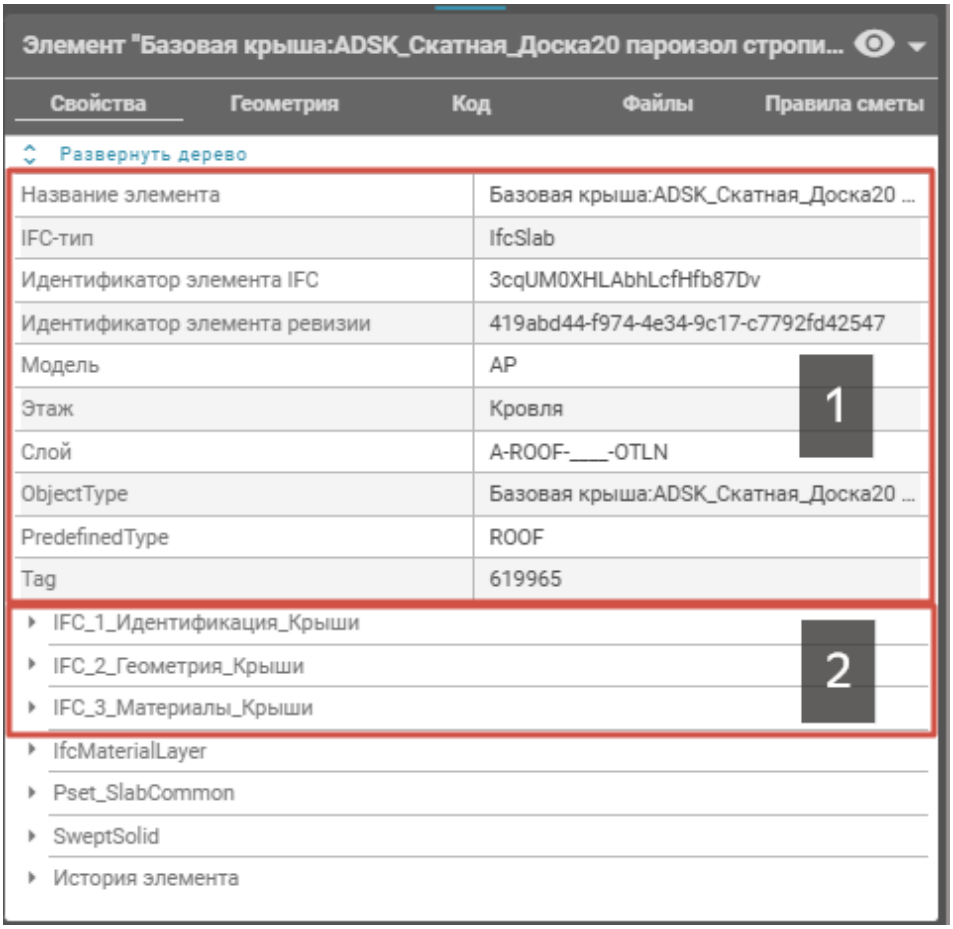

Рисунок 1 - Информационное (атрибутивное) наполнение элемента в ЦИМ

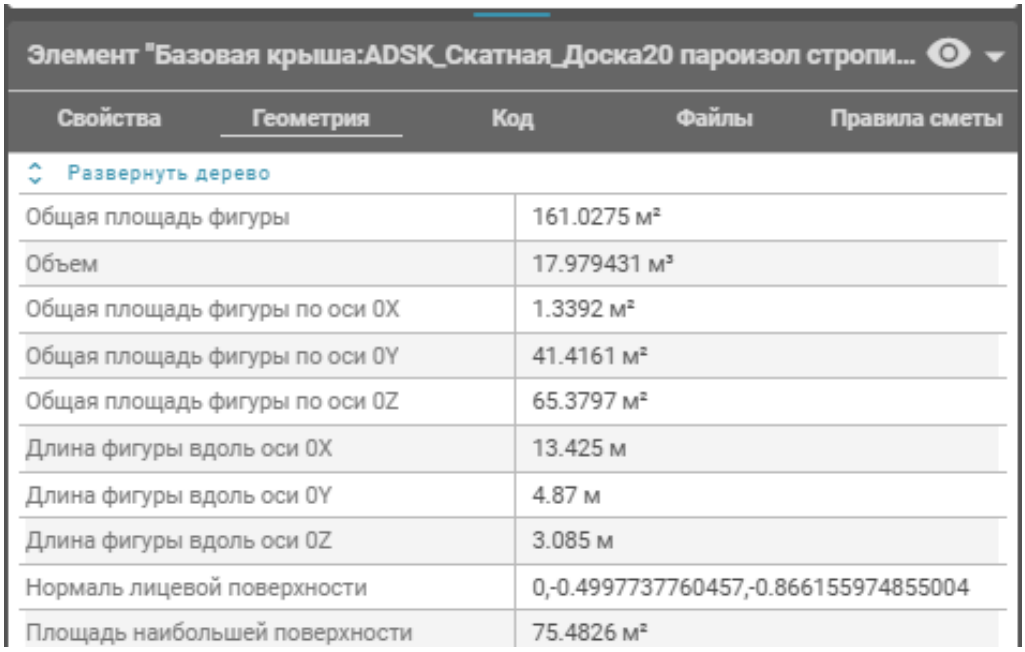

Рисунок 2 - Расчетные геометрические характеристики элемента в ЦИМ

При работе с архитектурными моделями при корректном экспорте данных в формат IFC в них можно определить следующие элементы:

- Наружные стены фасада – IfcWall
- Навесные фасадные системы – IfcCurtainWall
- Двери – IfcDoor
- Окна – IfcWindow
- Наружные и внутренние лестницы – IfcStair
- Наружные и внутренние пандусы – IfcRamp
- Внутренние стены и перегородки – IfcWall
- Отделку помещений – IfcCovering
- Помещения – IfcSpace
- Элементы благоустройства – IfcBuildingProxy
- Ограждения – IfcRailing
- Строительный объем здания – IfcSpatialStructureElement
- Пожарные отсеки - IfcSpatialZone.FIRESAFETY
- Зеленые насаждения – IfcGeographicElement и другие элементы

Любые моделируемые и информационные данные можно использовать при дальнейшей работе.

Наличие существующих инструментов для обработки моделей.

Существующие системные инструменты внутри БИМИТа можно структурировать по нескольким типам:

По сложности использования шаблона проверки:

- интуитивно понятные (атрибутивная, коллизионная, дисциплинарная проверки)
- требующие знания языка схемы IFC (проверка по формуле, проверки схемы IFC, проверки через плагины)
- сложные (шаблоны пространственных проверок, проверки через плагины)

По методу исследования элементов:

- исследование информации (атрибутивная, проверка по формуле)
- исследование пересечений, взаимного расположения (коллизионная проверка, проверки через плагины, шаблоны пространственных проверок)
- комбинированные (комбинации проверок через настройку подправил)

По возможности пользовательского расширения функционала:

- неизменяемые (атрибутивная, коллизионная проверки, проверка схемы IFC)
- с возможностью расширения (проверка схемы IFC, проверка через плагины, сложные пространственные проверки)

По ключевым направления проверки:

- входные проверки
- проверка соблюдения требований к ЦИМ
- проверка для работы с классификаторами и объемами
- проверка соблюдения нормативных требований
- проверка соответствия чертежей и видов ЦИМ

БИМИТ предоставляет широкий спектр возможностей для проверки данных у получаемых ЦИМ, сравнение данных и формирование отчетов на основании этих данных. Отчеты могут передаваться в различных форматах в архитектурные и проектные организации.

Оценка требований, предъявляемых к объемно-планировочным и архитектурным решениям.

Требования можно разделить на несколько типов:

1. Требования, предъявляемые к дизайн-проекту и внешнему виду застройки
2. Требования, предъявляемые в ТЗ на проектирование к объемно-планировочным, отделочным решениям

3. Требования, предъявляемые по нормативно-техническому законодательству к архитектурными и конструктивным решениям

В рамках работы будет исследоваться возможность использования программного комплекса БИМИТ для закрытия 2-х выборочных отличных пунктов требований из каждого типа.

Требования, предъявляемые к дизайн-проекту и внешнему виду застройку:

1. Осуществить отделку фасадов с поэтажным разделением по цветам.
2. Предусмотреть использование навесных фасадных систем «Краспан».

Требования, предъявляемые в ТЗ на проектирование к объемно-планировочным, отделочным решениям:

3. В здании школы должен быть предъявляемый состав помещений.
4. В классах биологии должен быть предъявляемый состав мебели и оборудования.

Требования, предъявляемые по нормативно-техническому законодательству к архитектурными и конструктивным решениям:

5. СП 251.1325800.2016 Требования к школам:

п. 7.2.4.4 (Таблица 7.1) Площадь лаборатории (лекционного помещения) на каждый предмет не менее 3,5 м2 на одного обучающегося классной группы.

6. СанПиН 2.4.2.576-96 «Гигиенические требования к условиям обучения школьников в различных видах современных общеобразовательных учреждений»:

п.2.3.8 Учебные классы не должны находиться вблизи помещений, являющихся источниками шума и запахов (мастерских, спортивных и актовых залов, пищеблока).

Выборка требований представлена разнообразной, для проверки необходимо взаимодействие с информационной и геометрической составляющими цифровых информационных моделей.

Оценка применимости существующих инструментов.

Для распределения данных составим таблицу маппинга применимости типов и шаблонов проверок из системы БИМИТ, к сформированному списку исследуемых требований (табл.1.).

Таблица 1 - Маппинг требований и инструментов

№ п/п	Требование	Инструмент и алгоритм проверки
1	Осуществить отделку фасадов с поэтажным разделением по цветам.	Атрибутивная проверка. Проверка наличия и корректного назначения атрибута материала и цвета материала у элементов
2	Предусмотреть использование навесных фасадных систем «Краспан».	Атрибутивная проверка. Проверка наличия и корректного назначения атрибута материала и цвета материала у элементов
3	В здании школы должен быть предъявляемый состав помещений.	Шаблон проверки. «Проверка наличия и количества помещений с группировкой по назначению» Шаблон проверки. «Проверка площади помещений в заданных пределах» Шаблон проверки.

		«Проверка принадлежности помещений функциональным зонам»
4	В классах биологии должен быть предъявляемый состав мебели и оборудования.	Шаблон проверки. «Проверка наличия элементов в помещении»
5	СП 251.1325800.2016 Требования к школам: п. 7.2.4.4 (Таблица 7.1) Площадь лаборатории (лекционного помещения) на каждый предмет не менее 3,5 м2 на одного обучающегося классной группы	Проверка по формуле (IFCQL). (property.Атрибуты.Площадь/ property.Атрибуты.Вместимость) >= 3.5
6	СанПиН 2.4.2.576-96 «Гигиенические требования к условиям обучения школьников в различных видах современных общеобразовательных учреждений»: п.2.3.8 Учебные классы не должны находиться вблизи помещений, являющихся источниками шума и запахов (мастерских, спортивных и актовых залов, пищеблока).	Шаблон проверки. «Проверка расстояний между помещениями»

Ко всем элементам выборки удалось подобрать свой тип проверки.

Ограничением будет являться отсутствие внутри моделей необходимых элементов и атрибутов:

1. IfcSpace - «Имя», «Назначение помещения», «Вместимость».
2. IfcWall – Материал, Слои, Уровень и разделение элементов по уровням.

Основные выводы.

Ключевые выводы

1. Несмотря на «индивидуальность» архитектурных и объемно-планировочных решений, есть минимальный присутствующий состав данных и геометрии, с наличием которых можно автоматизировать процессы аналитики и проверки данных. В данном случае с применением программного обеспечения БИМИТ.
2. Для расширения возможностей автоматизации, необходимо производить оцифровку требований в машиночитаемый формат, разработку шаблонов проверок, расширение атрибутивного наполнение у элементов цифровых информационных моделей, повышение квалификации специалистов готовящих и проверяющих ЦИМ.

Заключительный тезис

В перспективе прослеживается возможность полного автоматизированного анализа архитектурных и объемно-планировочных решений на базе цифровой информационной модели. Если мы говорим про нормативное регулирование, то это достигается за счет разработки нормативной документации, которая указывает необходимый и достаточный перечень требований к информационным моделям, который позволит выполнять необходимые процессы. [3]. Если про частную работу с моделями, то за счет внедрение внутренних требований. Активное развитие отечественных программных продуктов дает возможность сегодня не просто сталкиваться и обсуждать такие задачи, а разрабатывать решения и непосредственно решать их.

Библиографический список

1. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021664711 Российская Федерация. Программа управления жизненным циклом объекта, на основе BIM цифрового двойника : № 2021663765 : заявл. 03.09.2021 : опубл. 10.09.2021 / А. А. Репин, А. В. Буланкин, А. В. Дрогомирецкий [и др.] ; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «БИМИТ». – EDN OOZMBO. (дата обращения: 23.02.2026).
2. IFC Specifications Database. – Режим доступа: https://technical.buildingsmart.org/standards/ifc/ifc-schema-specifications/. (дата обращения: 23.02.2026).
3. Сербин, С. А. Анализ текущей нормативной документации по отношению к технологиям информационного моделирования / С. А. Сербин, Н. Ю. Серегина, Н. И. Фомин // Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений. – 2022. – № 6(61). – С. 18-21. – DOI 10.55341/ptrbs.2022.61.6.010. – EDN MRIXCL. (дата обращения: 25.02.2026).