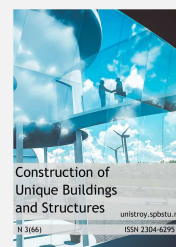




Construction of Unique Buildings and Structures



journal homepage: www.unistroy.spbstu.ru



doi: 10.18720/CUBS.66.2

Коллизии инженерных систем при проектировании в BIM платформах

Collisions of general utilities designing through the use of BIM-platforms

Н.А. Червова^{1*}, Д.О. Лепешкина²

Санкт-Петербургский политехнический
университет Петра Великого, 195251, Россия,
г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

N.A. Chervova^{1*}, D.O. Lepeshkina²

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic
University, 29 Politechnicheskaya St., St. Petersburg,
195251, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

информационное моделирование;
BIM-платформа;
коллизии инженерных систем;
отчет о пересечениях;
Autodesk;

KEYWORDS

Information modeling;
BIM-platform;
collision of engineering systems;
intersections report;
Autodesk;

ИСТОРИЯ

Подана в редакцию: 18.01.2018
Принята: 19.04.2018

ARTICLE HISTORY

Submitted: 18.01.2018
Accepted: 19.04.2018

АННОТАЦИЯ

Строительная индустрия, в которой активно применяются технологии информационного моделирования зданий и сооружений, продолжает развиваться стремительными темпами. Новые технологии помогают автоматизировать большое число процессов проектирования, таких как формирование чертежей, составление спецификаций и других. Особенно BIM технологии помогают при проектировании разделов инженерных систем, поскольку позволяют избежать возникновения проектных ошибок, влекущих за собой пересечения запроектированных объектов – коллизий. Несмотря на широкие возможности современных программных комплексов и наличия большого числа инструментов для выявления коллизий, процесс поиска пересечений далеко не идеален. В данной статье на примере работы над объектом жилого комплекса выявлены возникающие проблемы и предложены пути их решения.

ABSTRACT

The construction industry, in which the technologies of information modeling of buildings and structures are actively applied, continues to develop rapidly. New technologies allow us to automatize a large number of design processes, such as formation of project documentation, specifications formation and others. Particularly BIM technologies are needed in the design of engineering systems, because they allow avoiding the occurrence of design errors that involve intersections of the projected objects - collisions. Despite the wide possibilities of modern software systems and the availability of a large number of tools for identifying collisions, the process of finding intersections is far from ideal. In the article, on an example of work on an object of an apartment complex, problems are identified and solutions are offered.

Содержание

1.	Введение	20
2.	Методы	22
3.	Результаты	27
4.	Заключение	27

1. Введение

В настоящее время технологии информационного моделирования находят все более широкое применение в России и за рубежом [1-3]. Информационное моделирование зданий и сооружений (далее BIM – Building Information Modeling) – это процесс коллективного создания и использования базы данных, имеющей вид трехмерной компьютерной модели проектируемого здания или сооружения, несущей в себе всю возможную информацию об объекте строительства. Важно понимать, что вопреки распространенному убеждению, BIM представляет собой не саму модель здания, а именно концепцию подхода к возведению, оснащению, обеспечению эксплуатации и ремонту здания, который предполагает сбор и комплексную обработку в процессе проектирования всей информации о здании со всеми её взаимосвязями и зависимостями, когда здание и всё, что имеет к нему отношение, рассматриваются как единый объект.

С каждым годом все большее число организаций переходит на использование информационного моделирования ввиду обширного ряда его преимуществ перед САД-проектированием [4-5]. Работая над проектом, специалисты разных разделов имеют возможность отслеживать изменения в смежных разделах, обмениваться информацией и вносить изменения в режиме реального времени [6-10].

Особенно полезным и продуктивным такой способ работы и обмена информацией становится при проектировании инженерных систем, поскольку позволяет избежать появления ошибок, допущенных на стадии проектирования, и заключающихся в пересечении запроектированных объектов – коллизий. При работе в режиме двухмерного проектирования очень тяжело развести сложные узлы инженерных разделов, полностью исключив возможность возникновения коллизий, в то время как разработка трехмерной информационной модели позволяет наглядно проследить, где именно в пространстве будут располагаться элементы системы, устранив все пересечения.

Предупреждение коллизий на этапе проектирования, при надлежащем контроле соответствия строящегося здания информационной модели, снижает трудозатраты на доработку исполнительной модели, т.е. той, которая формируется путем внесения изменений в модель, на основании которой формировалась проектная документация, параллельно проведению строительно-монтажных работ, и полностью соответствует исполнительной документации и может использоваться по завершении процесса моделирования. Изменения в модель вносятся инженерами в модели своих разделов, после чего формируется окончательная сводная модель, которая и является исполнительной. Исполнительная информационная модель может быть передана в жилищно-коммунальное хозяйство или управляющей компании, в результате чего служба эксплуатации будет иметь информацию о всех скрытых работах, местонахождении инженерных коммуникаций, и при необходимости оперативно осуществлять ремонтные работы. Возможность использовать информационную модель таким образом ведет к разработке в ближайшем будущем государственных стандартов на BIM-эксплуатацию.

Преимуществами BIM-моделирования для проектировщиков инженерных коммуникаций также являются:

- возможность ведения совместной работы, что позволяет работать над одним проектом в единой информационной среде специалистам из разных городов и даже стран;
- возможность мониторинга элементов смежных разделов и получения оповещений о внесенных в них изменениях;
- наличие инструментов автоматизированной маркировки замоделированных объектов;
- автоматическое формирование спецификаций элементов систем и оборудования.

Все эти возможности значительно ускоряют и упрощают работу специалистов, сокращая при этом возникновение проектных ошибок ввиду человеческого фактора и расширяя возможности контроля качества выпускаемой документации проектируемых объектов.

Последние несколько лет развитие информационного моделирования в России происходит также со стороны Министерства Строительства Российской Федерации. В декабре 2014 года был утвержден и подписан Приказ №926/пр. об утверждении Плана поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства [11-12].

Также в 2017 году введены в действие три государственных стандарта [13-15]:

- ГОСТ Р 57310-2016 - Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат;
- ГОСТ Р 57311-2016 - Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов заверщенного строительства;

- ГОСТ Р 57563-2017 - Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений.

Также в начале 2018 года введен в действие СП 333.1325800.2017 «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели на различных стадиях жизненного цикла» [16].

Утверждение и выпуск стандартов в отношении сферы информационного моделирования значительно способствует развитию данной индустрии в нашей стране и выводит проектирование зданий и сооружений на новый уровень [17-19].

Исследований на тему проверки на коллизии проектных моделей на сегодняшний день проведено крайне мало. Орлов А.К. и Кирдин Д.Ю. рассмотрели преимущества использования инструментария информационного моделирования на стадии проектирования объекта недвижимости, сделав вывод, что BIM инструменты позволяют минимизировать затраты на внесения изменений в инвестиционно-строительный процесс, а результат таких изменений сделать наиболее значим [20].

Алсынбаев Р.Х. рассмотрел BIM-технологии как инновационный инструмент моделирования зданий и предложил использование двусторонней интеграции данных между программными продуктами TEKLA Structures и SCAD Office v.21 [21]. Был сделан вывод о том, что данный подход позволяет снизить влияние человеческого фактора, и, как, следствие, число коллизий, а также сократить временные и трудовые издержки.

Также были проведены исследования в области использования BIM-технологий при проектировании автомобильных дорог. Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А. и Скворцов А.В. рассмотрели возможности системы автоматизированного проектирования автомобильных дорог IndorCAD 10 [22]. В результате исследования был сделан вывод о том, что приведенные примеры оценки проектных решений и выявления коллизий являются далеко не исчерпывающими, ввиду чего требуется развитие функционала средств автоматизированного проектирования.

На основании проведенного обзора литературы по теме статьи можно сделать вывод, что вопрос коллизий недостаточно изучен, поскольку имеются только общие исследования о необходимости использования BIM-технологий, а более детальные исследования касаются только коллизий в сфере проектирования автомобильных дорог и не затрагивают проблемы, связанные с проектированием инженерных систем.

Проблема коллизий может быть рассмотрена с точки зрения проектирования в целом, а также в отношении непосредственно BIM-проектирования.

Касательно самого процесса проектирования, главная проблема заключается в том, что ситуация, при которой на стадии монтажа выявляется большое число проектных ошибок, возникших в результате рассогласованности между разделами проекта, является довольно стандартной. Возникновение таких проблем на стройке влечет за собой рост стоимости строительства, увеличение его сроков и другие проблемы.

Очевидно, что проектирование инженерных систем процесс трудоемкий, при котором сложно предупредить возникновение всех потенциальных коллизий. Более того, ввиду человеческого фактора коллизии встречаются не только у смежных разделов, но и в рамках одного раздела проектирования.

Сократить число абсолютного большинства пересечений, которые могли бы возникнуть при CAD-проектировании позволяют BIM-технологии [23-27]. Однако, их использование на данный момент так же имеет ряд недостатков. Несмотря на автоматизированность многих процессов и наличия широких возможностей работы с пересечениями, поиск коллизий далеко не идеален. Далее в статье эта проблема будет рассмотрена подробнее.

Также, нормы, регламентирующие работу с BIM-моделями, содержат только общие рекомендации и не несут в себе информацию о том, как именно должен быть налажен процесс поиска коллизий для получения оптимального результата в кратчайшие сроки.

Цель исследования заключается в формировании алгоритма ведения оптимальной работы при проектировании с использованием технологий информационного моделирования. В задачи входит рассмотрение алгоритма моделирования инженерных сетей, анализ возникающих проблем и ошибок, а также выявление способов предупреждения возникновения коллизий в проекте.

2. Методы

Для выявления потенциальных проблем, наиболее часто возникающих при проверке на пересечения, был произведен поиск коллизий в модели жилого комплекса (рис.1).

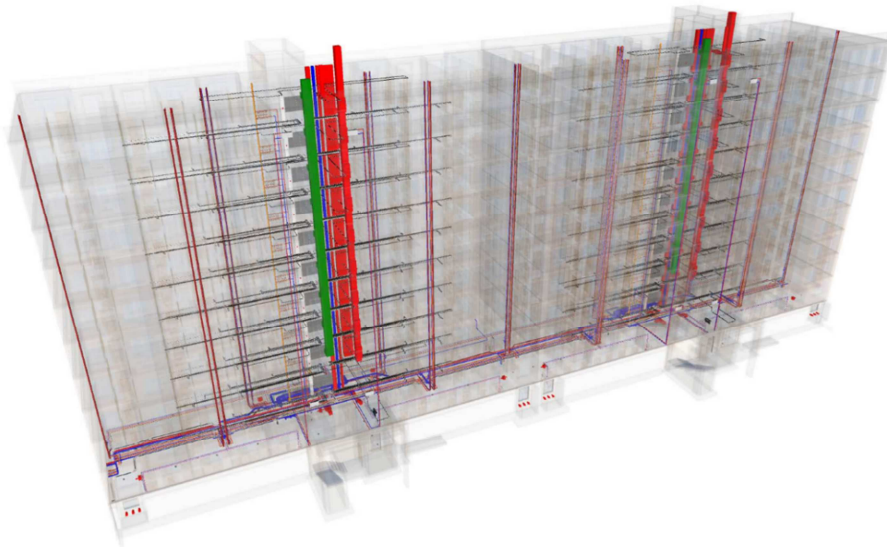


Рисунок 1. Информационная модель секции жилого комплекса

Модель здания выполнена в программе Autodesk Revit, поиск коллизий проводился в Autodesk Navisworks Manage. В результате работы был выявлен ряд возникающих проблем.

В первую очередь важно отметить, что число коллизий часто имеет порядок десятков тысяч. Несмотря на то, что инженеры, работавшие над данной моделью, проводили обсуждения разводки сложных узлов и проектировали системы в BIM-платформе, число коллизий в подвале здания составило больше двух тысяч.

Отчеты о выполненных проверках на коллизии в Navisworks представляется в виде таблицы, которую можно экспортировать в html формат. Очевидно, что с таким массивом данных при указанном числе пересечений работать практически невозможно. Решать данную проблему следует глобально, путем планового еженедельного выполнения проверок с начала процесса проектирования, при этом приоритетность при моделировании элементов касательно разделов должна быть следующей:

- конструктивные и архитектурные решения
- системы вентиляции
- системы канализации
- системы водоснабжения и отопления
- системы электроснабжения и сети связи

По предварительной договоренности касательно занимаемых пространств, проектировщики работают последовательно в заранее определенных зонах проекта, при этом в главном приоритете идет моделирование основных объемов части модели в рамках разделов КР и АР, после чего к проектированию в данной зоне приступают проектировщики систем вентиляции, ввиду значительного объема, который занимают воздуховоды, их соединительные детали и оборудование в пространстве. Затем приоритет очередности разводки переходит к проектировщикам систем канализации, так как трубопроводы данного раздела проектируются под значительным уклоном и изменение их трассировок является довольно трудоемким процессом. После указанных разделов проектируются сети водоснабжения и отопления, и в самом конце системы электроснабжения и сети связи. Также инженеры соответствующих разделов, моделируя свою часть, должны учитывать дальнейшую работу коллег и по предварительной договоренности оставлять пространство под системы других разделов.

Проверки на коллизии в сводной модели со всеми разделами должны выполняться BIM-координатором проекта не реже, чем раз в неделю. Также проектировщикам рекомендуется самостоятельно проводить регулярные ежедневные проверки на пересечения в рамках своего раздела, используя инструменты, доступные в Revit (рис.2).

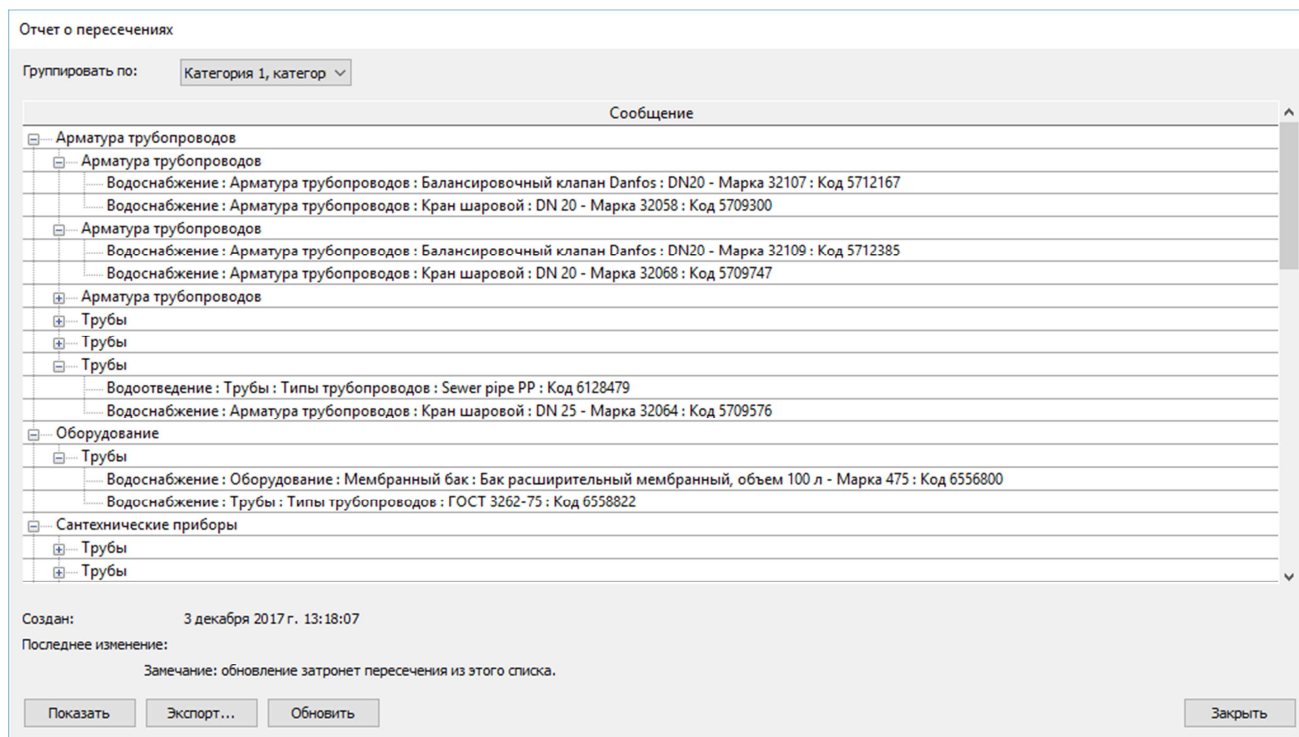


Рисунок 2. Пример отчета из Autodesk Revit

Следующая проблема, выявленная при проверке здания на коллизии, заключается в том, что не все пересечения в модели в действительности являются коллизиями. Довольно часто могут сместиться соединения труб с фитингами или оборудованием, также при совместной работе элементы могут дублироваться в случае, если инженер поставил на отслеживание изменение элементов смежного раздела, или учет зон обслуживания оборудования может быть выполнен в виде трехмерных объектов, однако, попадание элементов модели в периферийную часть такой зоны, на деле не несущее глобальных проблем, также будет определено как коллизия. Также большой ряд коллизий находится в пределах задаваемых допусков, и такие ошибки, как, например, пересечение гибких воздухопроводов, быстрее и эффективнее развести при монтаже, чем контролировать и исправлять их на этапе проектирования. Эти, и другие случаи влекут за собой значительное увеличение числа коллизий. Примеры неявных коллизий в модели представлены на рис. 3-5.

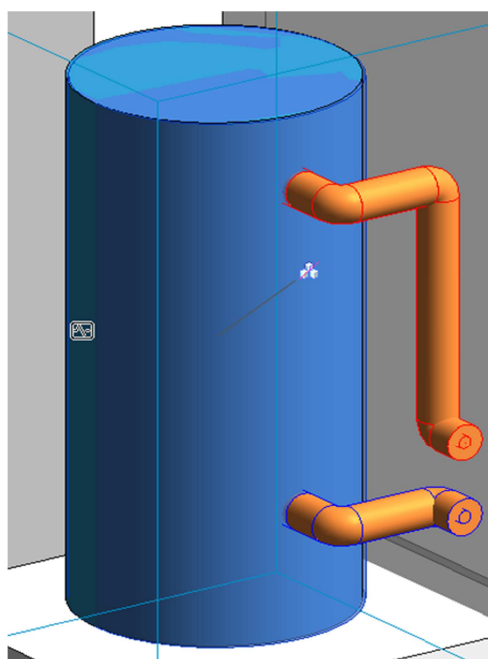


Рисунок 3. Дублирование объекта

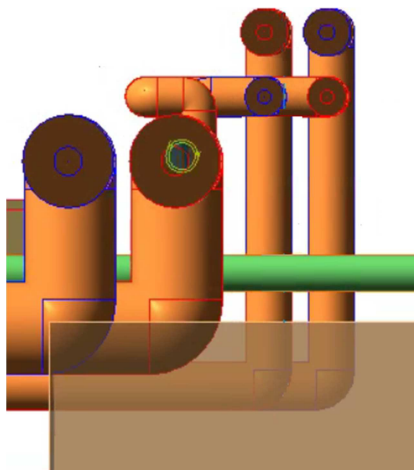


Рисунок 4. Пересечение зоны обслуживания трубопроводами систем ОВиК

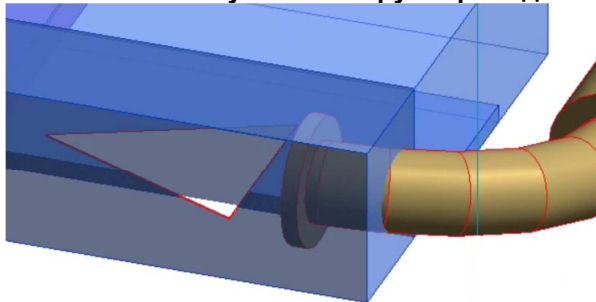


Рисунок 5. Смещенное соединение воздухопровода с оборудованием

Решить данную проблему можно путем фильтрации объектов перед формированием отчета, а также коллизий в уже сформированном отчете, и назначением допусков учета коллизий, что позволяют делать соответствующие инструменты программы Autodesk Navisworks. Также проверки на пересечения следует проводить, разбивая объект на зоны или имеющиеся секции, если таковые предусмотрены в проекте. Какие именно элементы следует фильтровать решается индивидуально для каждого проекта. Таким образом, в секции жилого комплекса число пересечений между разделами ОВ и ВК удалось сократить с 290 до 97 (рис. 6).

Clash Detective

ВК_ОВ

Последнее выполнение: 19 ноября 2017 г. 11:08:48
Конфликты — Всего: 290 (открытые: 290 закрытые: 0)

Имя	Статус	Конфликты	Создать	Актив...	Провер...	Подте...	Исправленные
ВК_ОВ1	Старая	25	25	0	0	0	0
ВК_ОВ2	Старая	72	72	0	0	0	0
ОВ1_ОВ2	Старая	27	27	0	0	0	0
ПТ_СС	Старая	8	8	0	0	0	0
ВК:ОВ1:ОВ2_ПТ:СС	Старая	104	104	0	0	0	0
ОВ1	Старая	74	0	0	0	0	74
ОВ2	Старая	135	0	0	0	0	135
ВК Фитинги_ОВ1	Старая	332	0	0	0	0	332
ИОС_АР	Старая	296	296	0	0	0	0
ВК_ОВ	Выполнено	290	290	0	0	0	0

Добавить проверку Сбросить все Сжать все Удалить все Обновить все

Правила Выбрать Результаты Отчет

Новая группа Назначить

Повторить проверку

Имя	Статус	Уровень	Пересе...	Найдено	Кем утвер...	Утверждено	Описание	Назначен...	Расстояние
Конфликт1	Создать	Этаж -1...	ЛЛ(-129)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,154 м
Конфликт2	Создать	Этаж -1...	ЛЛ(-86)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,115 м
Конфликт3	Создать	Этаж -1...	ЛЛ(-86)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,107 м
Конфликт4	Создать	Этаж -1...	В/З(-1)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,104 м
Конфликт5	Создать	Этаж -1...	Ж/В(-9)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,103 м
Конфликт6	Создать	Этаж -1...	ЛЛ(-88)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,090 м
Конфликт7	Создать	Этаж -1...	ЛЛ(-93)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,085 м
Конфликт8	Создать	Этаж -1...	В/З-2/4	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,084 м
Конфликт9	Создать	Этаж -1...	ЛЛ(-93)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,084 м
Конфликт10	Создать	Этаж -1...	ЛЛ(-93)...	11:08:49 19-11-2017			По перес...		-0,084 м

Элементы

Элемент 1: Тип: Трубопроводы
Элемент Тип: Трубы. Типы трубопроводов: SML

Элемент 2: Тип: Арматура воздухопроводов
Элемент Тип: Арматура воздушных ККФ

Элемент 1: AM3_ВК_МС.лис
Этаж -1(паркин) ВК
Трубы
Типы трубопроводов
SML
Типы трубопроводов

Элемент 2: AM3_ОВ2_МС.лис
паркин
Арматура воздухопроводов
Фильтр кассетный ККФ
ККФ 315
Фильтр кассетный ККФ
ККФ 315

Рисунок 6. Отчет о пересечениях в Navisworks Manage

Также следует отметить, что при формировании отчета о пересечениях в Navisworks в таблицу идут построчно как результаты i -го объекта с j -ым, так и j -го объекта с i -ым, при этом, по сути одна и та же коллизия фигурирует в отчете дважды, причем данные строки находятся в разных частях отчета. При этом, если имеет место пересечение одного объекта с несколькими, например, пересечением воздуховода рядом труб, очевидно, что число коллизий возрастает в разы.

По этой причине, после формирования отчета и до его передачи инженерам для исправления коллизий, рационально проводить группировку полученных пересечений, объединяя строки, в которых имеются одинаковые элементы. При этом число коллизий в отчете автоматически сокращается (рис. 7).

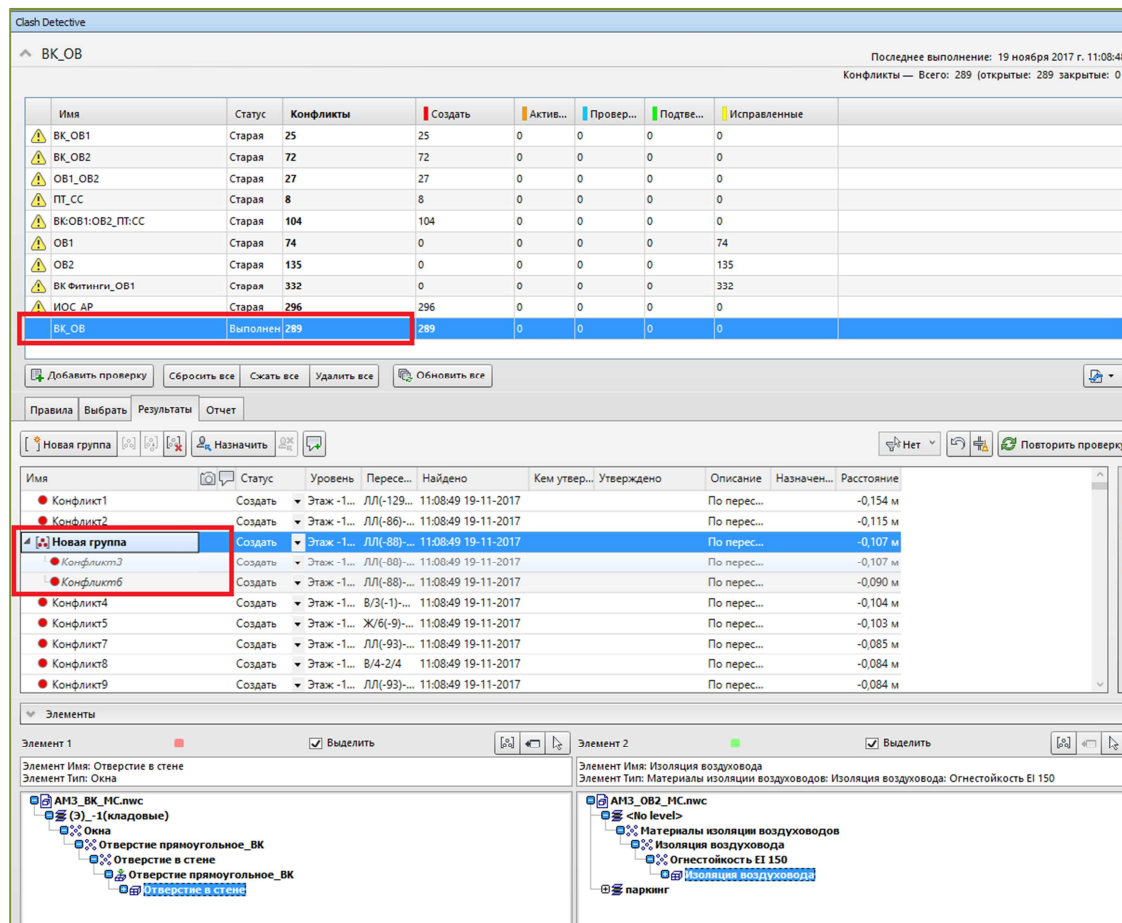


Рисунок 7. Пример группирования коллизий в Navisworks Manage

Перед началом процессов проектирования также важно уточнить требования, предъявляемые к информационной модели, которые в общем случае сводятся к определению используемых общих параметров элементов модели, а также их уровня детализации.

Общими называются параметры проекта в Autodesk Revit, которые хранятся в виде текстовых файлов и определения которых можно использовать в нескольких семействах и проектах. Общие параметры позволяют, например, передавать информацию, заложенную в том или ином элементе проекта, в аннотационную марку для этого элемента, в результате чего марка будет подхватывать необходимую информацию, и ее значение всегда будет актуальным.

Использование общих параметров оптимизирует работу, связанную с моделированием и автоматическим выводением спецификаций элементов модели, а также значительно упрощает процесс фильтрации объектов, описанный выше.

Уровень детализации (LOD - Level of Development) определяет полноту проработки элемента информационной модели, то есть какое количество информации требуется для конкретного элемента на определенном этапе ее развития. Определено пять базовых уровней детализации элементов информационных моделей: LOD100, LOD200, LOD300, LOD400 и LOD500, чем выше числовое значение, тем более детально проработан элемент.

Уровень детализации связан с точностью проводимых проверок на пересечения. Так, при низкой детализации проверке будут подвержены только основные элементы систем (трубы, воздуховоды, кабельные лотки, соединительные детали), тогда как при высокой детализации также будут учтены сравнительно небольшие и второстепенные с точки зрения трассировки детали (например, запорные

вентили на арматуре трубопроводов). При проектировании небольших объектов и наличии больших пространств, отведенных под инженерные системы, рационально работать с низкой детализацией, поскольку в процессе проектирования не возникает сложных ситуаций, когда нехватка места требует очень близкого расположения инженерных коммуникаций и учета всех деталей, например, вентилей на арматуре трубопроводов, при разводке систем. Напротив, когда системы приходится разводить в считанных сантиметрах друг от друга, следует учитывать также небольшие детали и проектировать сети на высоком уровне детализации.

При работе над проектом жилого дома также было проведено пробное внедрение концепции информационного моделирования на этапе монтажных работ инженерного оборудования. Присутствие на объекте представителя BIM-отдела позволило выявить следующие проблемы:

- при наличии готовой информационной модели монтажниками используются только чертежи
- версия имеющейся на объекте документации часто неактуальна

Использование BIM-модели на этапе монтажа может значительно ускорить и упростить данный процесс. Возможность рассмотрения сложных узлов всех инженерных разделов вместе в трехмерном отображении имеет значительные преимущества против формирования представления об узле исключительно на основании двумерных чертежей. Несомненно, полный отказ от бумажных носителей является преждевременным, но использование информационной модели может послужить прекрасным дополнением к чертежам. Ввести в практику использование информационной модели на данном этапе позволяет поддержка со стороны BIM-отдела, а именно регулярное присутствие его представителя на объекте. Наглядная демонстрация прорабам и монтажникам сложных инженерных узлов в трехмерной модели может значительно способствовать ускорению процесса монтажа.

К сожалению, далеко не всегда на стройке можно комфортно использовать необходимую для просмотра модели технику, а также урегулировать постоянное присутствие сотрудника. В этом случае решение заключается в использовании продуктов, позволяющих передавать и отображать 3D модели, а также продуктов виртуальной реальности. Наиболее удобными в использовании являются Autodesk Revit Live, Autodesk BIM 360, а также Enscape.

Данные продукты позволяют выгружать модели, выполненные в Autodesk Revit, или их фрагменты в соответствующем своим информационным средам формате, что позволяет значительно снизить размер файлов моделей и просматривать их на любом мобильном устройстве в браузере. Таким образом, в любой момент можно открыть интересующий узел и детально его рассмотреть (рис. 8).

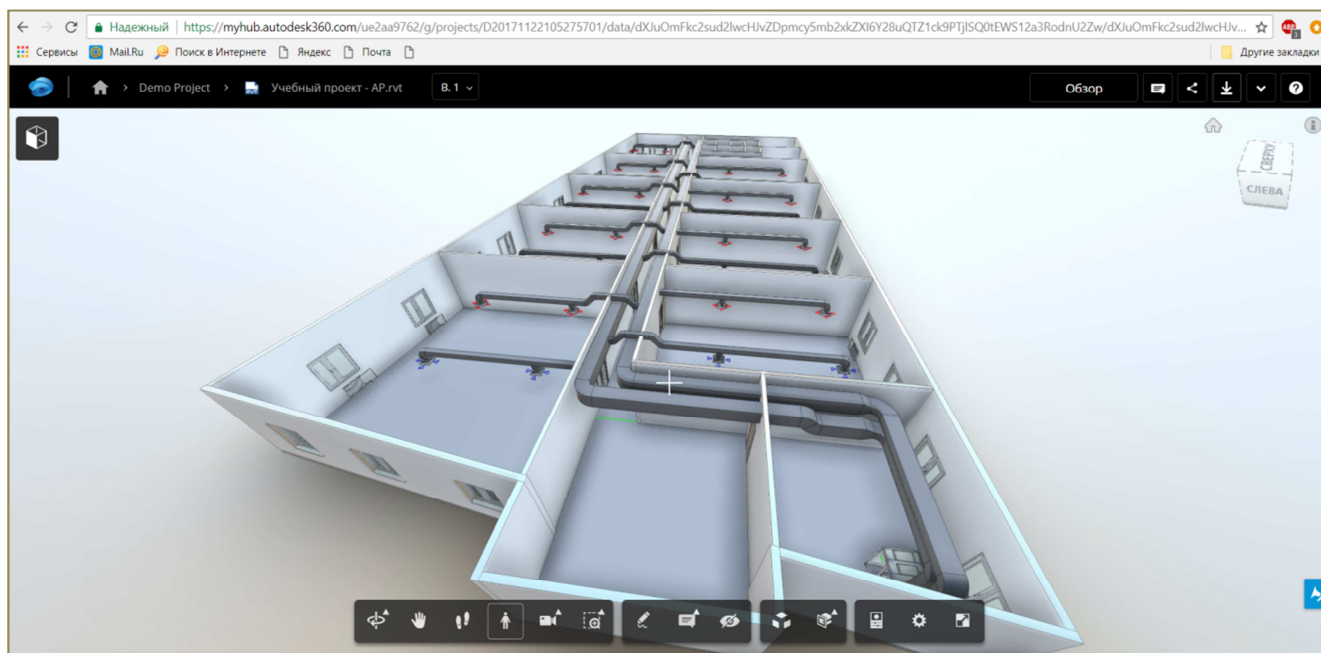


Рисунок 8. Модель учебного проекта в Autodesk BIM 360

Также удобны в применении 3D панорамы наиболее сложных узлов, которые также можно выгрузить через указанные выше продукты. Более того, они загружаются значительно быстрее, чем целые модели зданий. Оптимальным средством передачи такого типа информации представляется в виде QR кодов (рис. 9).



Рисунок 9. QR код 3D панорамы

3. Результаты

В ходе исследования были выявлены проблемы, возникающие при выполнении проверок на пересечения. Предложено глобальное решение сокращения числа выявляемых коллизий путем планового еженедельного выполнения проверок с начала процесса проектирования, также приведена рекомендуемая приоритетность при моделировании элементов касательно разделов.

Также рекомендовано фильтрование объектов перед формированием отчета, а также коллизий в уже сформированном отчете и назначением допусков учета коллизий, с целью сокращения в отчетах числа пересечений, которые в действительности не являются коллизиями.

В ходе работы была выявлена проблема того, что одна и та же коллизия может фигурировать в отчете много раз. Предложенное решение заключается в группировании полученных пересечений, путем объединения строк, в которых имеются одинаковые элементы.

Приведены рекомендации к использованию общих параметров в среде Revit, а также настройке уровней детализации в проекте.

В статье описан опыт внедрения BIM-технологий на этапе монтажа инженерных систем. Был сделан вывод, что введению в практику использования информационной модели на данном этапе позволяет поддержка со стороны BIM-отдела, а именно регулярное присутствие его представителя на объекте. Также рекомендовано использование продуктов, позволяющих передавать и отображать 3D модели, а также продуктов виртуальной реальности.

4. Заключение

Таким образом, результаты исследования заключаются в следующем:

- при проектировании инженерных сетей в BIM-платформах необходима своевременная регулярная проверка на пересечения для предупреждения возникновения коллизий;
- проверки на коллизии должны проводиться как BIM-координатором во всей модели, так и проектировщиками в рамках своего раздела;
- инженеры соответствующих разделов, моделируя свою часть, должны учитывать дальнейшую работу коллег и по предварительной договоренности оставлять пространство под системы других разделов;
- необходимо применение фильтров элементов модели и коллизий в конечных отчетах для сокращения общего числа пересечений, за счет фильтрации незначительных коллизий и дальнейшей комфортной работы с ними;
- при обмене информацией со смежниками предварительно следует выполнять группирование коллизий в отчете;
- на этапе монтажных работ необходима поддержка со стороны BIM-отдела.

Литература

- [1]. Vatin N.I., Rybakov V.A. Bim-technology or boom in the construction design // Инфстрой. 2007. № 1. С. 34.
- [2]. Жуковский С. В. Перспективы BIM в России // АВОК. 2016. No 3-3. С. 14-17.
- [3]. Чиковская И., Новоженина И. Тенденции развития BIM в России // САПР и Графика. 2014. No 8. С. 8-10.
- [4]. Reizgevičius, M., Ustinovičius, L., Rasiulis, R. (2013). EfficiencyEvaluation of 4D CAD Model. Procedia

References

- [1]. Vatin N.I., Rybakov V.A. Bim-technology or boom in the construction design. Infstroy. 2007. No. 1. Pp. 34.
- [2]. Zhukovsky S.V. (2016). Prospects for BIM in Russia. AVOK. 2016. No 3-3. pp. 14-17. (rus)
- [3]. Chikovskaya I., Novozhenina I. (2014). Trends in the development of BIM in Russia. CAD and Graphics. 2014. No. 8. pp. 8-10. (rus)
- [4]. Reizgevičius, M., Ustinovičius, L., Rasiulis, R. (2013). EfficiencyEvaluation of 4D CAD Model. Procedia Engineering.

Engineering. 2013. No. 57. pp. 945-951.

- [5]. Лялин Д. О., Машталер С. Н., Дмитренко Е. А. Применение программного комплекса Autodesk Revit в проектной деятельности // Вестник донбасской национальной академии строительства и архитектуры. 2017. № 3 (125). С. 23-27.
- [6]. Козлова Т.И., Талапов В.В. Опыт информационного моделирования памятников архитектуры. Архитектура и современные информационные технологии // AMIT. 2009. №3(8).
- [7]. Гогин А.Г. BIM технологии и их будущее // Молодежный научный форум. 2016. № 8. С. 9-14.
- [8]. Шарманов В.В., Мамаев А.Е., Болейко А.С., Золотова Ю.С. Трудности поэтапного внедрения BIM Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 10 (37). С. 108-120
- [9]. Pykhtin K., Simankina T., Sharmanov V., Kopytova A. Risk-based approach in valuation of workplace injury rate for transportation and construction industry. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 90 (2017) 012065 doi :10.1088/1755-1315/90/1/012065
- [10]. Balakina A., Simankina T., Lukinov V. 4D modeling in high-rise construction, E3S Web of Conferences 33, 03044 (2018), doi.org/10.1051/e3sconf/20183303044
- [11]. Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. Procedia Engineering. 2013. No. 57. pp. 767-774.
- [12]. Интернет-ресурс URL: <http://minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblasti-promyshlennogo-igrazhdanskogo-stroitelstva/> (Дата обращения: 01.12.17)
- [13]. ГОСТ Р 57311-2016. Моделирование информационное в строительстве. Требования к эксплуатационной документации объектов завершеного строительства.
- [14]. ГОСТ Р 57563-2017/ISO/TS 12911:2012. Моделирование информационное в строительстве. Основные положения по разработке стандартов информационного моделирования зданий и сооружений.
- [15]. ГОСТ Р 57310-2016 (ISO 29481-1:2010). Моделирование информационное в строительстве. Руководство по доставке информации. Методология и формат.
- [16]. СП 333.1325800.2017. Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели на различных стадиях жизненного цикла.
- [17]. Usanova K., Vatin N. (2016). University bim distance learning course for secondary school students. 2nd international conference on engineering sciences and technologies. 2016.
- [18]. Gamayunova O. (2015). The role of Civil Engineering Institute in increasing the international competitiveness of the St. Petersburg State Polytechnical University. Procedia Engineering. 2015. No. 117, pp. 1070-1077.
- [19]. Gamayunova O., Usanova K. (2012). Fundamental and polytechnical experience of construction education with using Moodle. Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. No. 2. pp. 6-17.
- [20]. Орлов А.К., Кирдин Д.Ю. Оценка использования инструментария информационного моделирования (BIM) на стадии проектирования объекта недвижимости // International journal of advanced studies. 2017. № 2-2. С. 94-96.
- [21]. Алсынбаев Р.Х. Использование BIM-технологий в строительстве // Инновационная наука. 2017. 2013. No. 57. pp. 945-951.
- [5]. Lyalin DO, Mashtaler SN, Dmitrenko EA (2017). The use of Autodesk Revit software in project activities. Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture. 2017. No. 3 (125). pp. 23-27. (rus)
- [6]. Kozlova T., Talapov V.V. (2009). Experience in information modeling of architectural monuments. Architecture and modern information technology. AMIT. 2009. No. 3 (8). pp. 44-47. (rus)
- [7]. Gogin A.G. (2013). BIM technology and their future. Youth scientific forum. 2016. No. 8. pp. 9-14. (rus)
- [8]. Sharmanov V.V., Mamaev A.E., Boleyko A.S., Zolotova Y.S. (2015). Difficulties of phased implementation of BIM. Construction of unique buildings and structures. 2015. No. 10 (37). Pp. 108-120 (rus)
- [9]. Pykhtin K., Simankina T., Sharmanov V., Kopytova A. (2017). Risk-based approach in valuation of workplace injury rate for transportation and construction industry. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 90 (2017) 012065 doi :10.1088/1755-1315/90/1/012065
- [10]. Balakina A., Simankina T., Lukinov V. (2018). 4D modeling in high-rise construction, E3S Web of Conferences 33, 03044 (2018), doi.org/10.1051/e3sconf/20183303044
- [11]. Migilinskas, D., Popov, V., Juocevicius, V., Ustinovichius, L. (2013). The Benefits, Obstacles and Problems of Practical Bim Implementation. Procedia Engineering. 2013. No. 57. pp. 767-774.
- [12]. Internet site URL: <http://minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblasti-promyshlennogo-igrazhdanskogo-stroitelstva/> (Date of circulation: 01.12.17).
- [13]. Russian State Standard GOST R 57311-2016. Modeling information in construction. Requirements for operational documentation for completed construction.
- [14]. Russian State Standard GOST R 57563-2017 / ISO / TS 12911: 2012 Modeling information in construction. Basic provisions for the development of standards for information modeling of buildings and structures.
- [15]. Russian State Standard GOST R 57310-2016 (ISO 29481-1: 2010) Information modeling in construction. Guide to the delivery of information. Methodology and format.
- [16]. Set of Rules SP 333.1325800.2017. Information modeling in construction. Rules for the formation of an information model at various stages of the life cycle.
- [17]. Usanova K., Vatin N. (2016). University bim distance learning course for secondary school students. 2nd international conference on engineering sciences and technologies. 2016.
- [18]. Gamayunova O. (2015). The role of Civil Engineering Institute in increasing the international competitiveness of the St. Petersburg State Polytechnical University. Procedia Engineering. 2015. No. 117, pp. 1070-1077.
- [19]. Gamayunova O., Usanova K. (2012). Fundamental and polytechnical experience of construction education with using Moodle. Construction of Unique Buildings and Structures. 2012. No. 2. pp. 6-17.
- [20]. Orlov A.K., Kirdin D.YU. (2017). Evaluation of the use of the Information Modeling Tool (BIM) at the design stage of the real estate object. International journal of advanced studies. 2017. No. 2-2. pp. 94-96. (rus)
- [21]. Alsynbaev R.H. Use of BIM-technologies in construction. Innovative science. 2017. No. 11. Pp. 13-14. (rus)
- [22]. Bojkov V.N., Mirza N.S., Petrenko D.A. i Skvorcov A.V. IndorCAD as BIM-tool for analysis of design solutions and collision detection. CAD and GIS of highways. 2015. № 2 (5). Pp. 108-113. (rus)
- [23]. Kim J.L. Effectiveness of green-BIM teaching method in construction education curriculum C3 -ASEE Annual Conference and Explosion, Conference Proceedings.
- [24]. Liu R., Hatipkarasulu Y. Introducing building information modeling

№ 11. С. 13-14.

- [22]. Бойков В.Н., Мирза Н.С., Петренко Д.А. и Скворцов А.В. IndorCAD как BIM-инструмент анализа проектных решений и обнаружения коллизий // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2015. № 2 (5). С. 108-113.
- [23]. Kim J.L. Effectiveness of green-BIM teaching method in construction education curriculum C3 -ASEE Annual Conference and Explosion, Conference Proceedings.
- [24]. Liu R., Hatipkarasulu Y. Introducing building information modeling course into a newly developed construction program with various student backgrounds. C3 ASEE Annual Conference and Explosion, Conference Proceedings.
- [25]. Pikas E., Sacks R., Hazzan O. (2017). Building information modeling education for construction engineering and management. II: Procedures and implementation case study. Journal of Construction Engineering and Management. 2017. No. 6. P. 139.
- [26]. Razumova T.V., Slabnova N.N. (2015). Putting into practice 3D designing on the base of information modeling in 'Gipronickel Institute' OJC. Tsvetnye Metally. 2015. Pp. 95-98.
- [27]. Sampaio A.Z. (2013). The disclosure of the BIM concept in civil engineering training. C3 High Value Manufacturing: Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Research and Rapid Prototyping. 2013. Pp. 549-554.
- course into a newly developed construction program with various student backgrounds. C3 ASEE Annual Conference and Explosion, Conference Proceedings.
- [25]. Pikas E., Sacks R., Hazzan O. (2017). Building information modeling education for construction engineering and management. II: Procedures and implementation case study. Journal of Construction Engineering and Management. 2017. No. 6. P. 139.
- [26]. Razumova T.V., Slabnova N.N. (2015). Putting into practice 3D designing on the base of information modeling in 'Gipronickel Institute' OJC. Tsvetnye Metally. 2015. Pp. 95-98.
- [27]. Sampaio A.Z. (2013). The disclosure of the BIM concept in civil engineering training. C3 High Value Manufacturing: Advanced Research in Virtual and Rapid Prototyping Proceedings of the 6th International Conference on Advanced Research and Rapid Prototyping. 2013. Pp. 549-554.

Контактная информация

- 1.* +7(921)8997588, nikittoi@mail.ru (Червова Никита Андреевна, студент)
2. +7(999)0367381, ldasha239@mail.ru (Лепешкина Дарья Олеговна, студент)

Contact information

- 1.* +7(921)8997588, nikittoi@mail.ru (Nikita Chervova, Student)
2. +7(999)0367381, ldasha239@mail.ru (Daria Lepeshkina, Student)

© Червова Н.А., Лепешкина Д.О., 2018