

ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ МЕЖДУ СИСТЕМОЙ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ СТАРТ-ПРОФ И ФОРМАТОМ IFC

Максименко Н. Ю., директор по САПР ООО «НТП Трубопровод», Французов Г. Ю., инженер «Team37 Technologies LLC»

Трехмерное проектирование и расчетные программы: особенности данных

Системы трехмерного проектирования фокусируются на создании детализированных моделей элементов и объектов, включающих геометрические, пространственные и функциональные характеристики объектов. Эти системы активно используют концепцию информационного моделирования (BIM), что позволяет на всех этапах жизненного цикла объекта интегрировать информацию о конструкции, материалах, инженерных системах и других аспектах проекта.

Передача данных из систем трехмерного проектирования (BIM-систем) в расчетные программы и передача данных обратно в BIM-систему представляет собой многогранную задачу, включающую в себя как технические, так и организационные аспекты. Процесс обмена данными между этими двумя типами программного обеспечения имеет большое значение для повышения эффективности проектирования, интеграции процессов и минимизации ошибок, связанных с человеческим фактором. Рассмотрим ключевые моменты, связанные с этой проблемой.

требуется дополнительных шагов по адаптации данных, поскольку не все программы могут полноценно работать с полным набором данных, содержащихся в формате IFC.

Формат обмена данными IFC имеет несколько значительных плюсов, особенно в контексте проектирования, строительства и управления жизненным циклом объектов. Вот некоторые из них:

⇒ **Стандартизированный формат:** IFC является открытым и стандартизированным форматом, признанным в международной

в свою очередь, расчетные программы ориентированы на выполнение прочностных, теплотехнических, гидравлических и многих других видов расчетов. Основное внимание в этих системах уделяется математическим моделям и алгоритмам, которые позволяют вычислить прочность, устойчивость и другие важные характеристики объектов. Таким образом, ключевым различием между этими типами программ является то, что расчетные программы более фокусируются на физических и механических свойствах объектов, а BIM-системы – на их функциональной и геометрической информации.

Передача данных из BIM-систем в расчетные программы и решение обратной задачи – передача данных в BIM-системы

Процесс передачи данных из трехмерных проектных моделей в расчетные программы и обратно включает несколько этапов, каждый из которых сопряжен с различными задачами:

⇒ **Конвертация геометрии и топологии:** одним из первых шагов является конвертация трехмерной геометрической модели из формата BIM в формат, пригодный для обработки расчетными программами. Для этого часто используются открытые стандарты, такие как IFC (Industry Foundation Classes), о котором речь пойдет в этой статье, позволяющие представлять не только геометрические данные, но и информацию о материалах, элементах и связях между объектами. Важно, чтобы конвертированные данные сохраняли точность и полноту исходной

модели, поскольку ошибки на этом этапе могут привести к некорректным расчетам.

⇒ **Преобразование данных о материалах и свойствах:** в BIM-системах часто хранятся данные о материалах, но они могут быть представлены в разных единицах измерения или форматах, что требует дополнительной обработки перед импортом в расчетную программу или экспортом из нее. Это особенно актуально для специфичных данных, таких как прочностные характеристики, модуль упругости, теплопроводность и другие параметры, необходимые для расчетов или те, которые необходимо получить на выходе в BIM-модели.

⇒ **Учет связей и граничных условий:** при передаче данных важно правильно интерпретировать связи между элементами модели, такие как соединения и узлы, а также правильно учесть граничные условия (например, условия закрепления, нагрузки и т. д.), которые могут варьироваться в зависимости от конкретной расчетной задачи.

Интероперабельность и стандарты передачи данных

Для эффективной передачи данных между BIM-системами и расчетными программами необходимы стандарты, которые обеспечивают совместимость данных и минимизируют ошибки. Хорошим примером такого стандарта является IFC, который позволяет унифицировать структуру и формат данных, обеспечивая их совместимость между различными программными продуктами. Однако, несмотря на популярность IFC, передача данных между BIM-системами и расчетными программами

практике (например, в рамках ISO). Это позволяет использовать его для обмена данными между различными программами и системами, что важно для интеграции различных участников проекта (монтажников, архитекторов, инженеров, строителей и других).

⇒ **Кроссплатформенность:** благодаря открытости формата и поддержке большинства программных продуктов для трехмерного моделирования, данные в формате IFC могут быть использованы на разных платформах, что снижает зависимость от конкретных программных решений.

⇒ **Поддержка данных о проекте на протяжении всего жизненного цикла:** формат IFC позволяет включать не только геометрические, но и структурные, функциональные и эксплуатационные данные о составляющих объекта, что важно для последующего управления этим объектом, ремонта, эксплуатации и модернизации (как тут не вспомнить вечную задачу о паспортизации трубопроводов!).

⇒ **Поддержка различных дисциплин проектирования:** в формате IFC могут быть представлены данные о различ-

ных дисциплинах проектирования: инженерные (монтажные, трубопроводные), КМ/КЖ-конструкции, а также данные о материалах, стоимости, сроках и т. д.

→ **Автоматизация и повышение эффективности:** использование IFC позволяет автоматизировать различные процессы, такие как создание спецификаций, расчет стоимости, генерация документации и т. д., что экономит время и ресурсы.

Неудивительно, что при таком значительном количестве плюсов, поддержку формата IFC реализовали у себя как основные российские вендоры в своих программных комплексах – таких как Renga, nanoCAD и даже 5D Смета, так и большинство западных вендоров в своих программных продуктах, таких как BricsCAD BIM, Autodesk Revit, Solidworks, CADWorks и многих других!

Компания «НТП Трубопровод» всегда старается следить за тенденциями в мире CAD и CAE, поэтому было принято решение разработать интеграцию с флагманским продуктом – программной системой СТАРТ-ПРОФ (мы уже рассказывали об этой системе и ее интерфейсах с другими программами ранее на страницах ТПА и других отраслевых журналов [1-4]).

Система СТАРТ-ПРОФ – это современный программный комплекс для проектирования, расчета и анализа прочности трубопроводов. Она обладает интуитивно понятным интерфейсом, широким функционалом для расчета на прочность, устойчивость и сейсмостойкость, а также обширными возможностями интеграций с САПР-системами. Программа учитывает актуальные нормативные требования и стандарты, что делает ее удобным инструментом для инженеров и проектировщиков. Благодаря высокой точности расчетов и автоматизации процессов, СТАРТ-ПРОФ позволяет значительно сократить время на проектирование и повысить надежность конструкций.

Для организации обмена данными между СТАРТ-ПРОФ и форматом IFC мы использовали API (Application Program Interface) системы и библиотеку **XBim** для .NET платформ, которая позволяет читать, создавать и просматривать BIM модели в IFC формате. Данная библиотека полностью поддерживает геометрические и топологические операции, а также визуализацию последующего результата. В качестве версии IFC была выбрана спецификация **IFC4**, так как в данной версии IFC есть полная поддержка трубопроводных систем (IfcPipeFitting, IfcPipeSegment).

В формате IFC есть множество способов представления геометрических данных модели, основными из которых являются **граничное (BREP) представление и представление посредством выдавливания**. После многочисленных тестов было выявлено, что не все программы, рассчитанные на чтение IFC формата, способны представлять некоторые виды выдавливания вдоль оси, но почти все программы способны читать граничное представление. Для решения этой проблемы конечному пользователю предложен выбор способа представления геометрической модели. Таким образом, у пользователя есть выбор между производительностью и совместимостью конечного IFC файла.

В качестве первичного этапа было принято решение организовать передачу **сегментов труб** в формат IFC (IfcPipeSegment). В качестве геометрической модели для сегментов было выбрано **выдавливание**, так как данный способ наиболее хорошо подходит для отображения сегментов труб.

Для отображения **отводов** было выбрано **гибридное** решение, так что пользователю дан выбор между граничным представле-

нием, если пользователю нужна совместимость со многими программами, и представлением посредством выдавливания, если для пользователя важен конечный размер файла IFC и производительность последующего чтения.

Данный вектор развития IFC конвертации был выбран исходя из того, что сегменты труб и отводы занимают большую часть BIM проекта.

Все экспортируемые объекты имеют идентификатор IFC – tag, которые позволяет однозначно определить тип объекта СТАРТ-ПРОФ. Характеристики объектов в экспортируемом файле IFC представляются в массиве типа ключ-значение, что позволяет другим программам получить доступ к значениям объекта.

В итоге разработки и тестирования перевода в формат IFC получили результат:

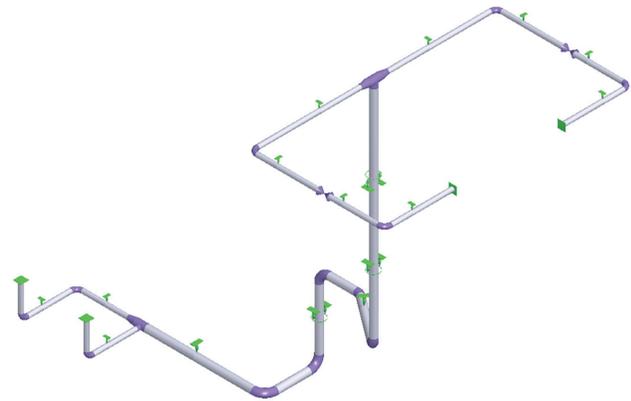


Рисунок 1 – Модель трубопроводов в системе СТАРТ-ПРОФ

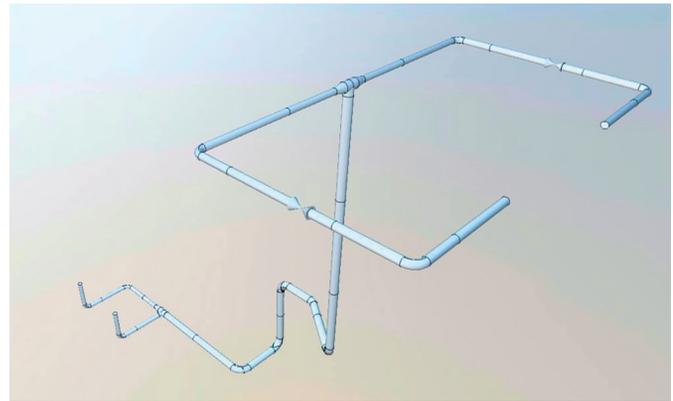


Рисунок 2 – Модель трубопроводов в формате IFC в системе Blender

Механизм экспорта из системы СТАРТ-ПРОФ уже включен в последний стабильный дистрибутив программы и может быть использован для бесшовной интеграции СТАРТ-ПРОФ в проектный ИТ-ландшафт наших клиентов. В планах разработки стоит приоритетным порядком добавлением импорта из формата IFC в систему СТАРТ-ПРОФ, что позволит также организовать оперативную передачу данных в систему прочностного расчета.

Аджман, ОАЭ, 2025 год

Список литературы:

1. Корельштейн Л. Б., Максименко Н. Ю. СТАРТ-ПРОФ: версия 4.86 – фейерверк усовершенствований // ТПА. – 2022. – № 6 (123) – С. 52.
2. Новые версии программ «НТП Трубопровод» по расчету на прочность // ТПА. – 2021. – № 4 (115) – С. 55.
3. Бушуев А. В., Магалиф В. Я., Матвеев А. В., Шапиро Е. Е. СТАРТ 4.60 – новая версия, новые возможности // CADmaster. – 2007. – № 3 (38) – С. 82–85.
4. Максименко Н. Ю., Нечитайленко И. А. «Изометрички» по-новому. Как оформлять результаты прочностных расчетов на основе современных технологий // ТПА. – 2023 – № 2 (125) – С. 59.