

Принципы разработки импортозамещающих САПР PlantLinker и СУИД «Плант-Навигатор» на основе опыта создания информационных моделей технологических и промышленных установок

ENG

А.А. Тучков, к.т.н., atuchkov@esg.spb.ru
А.И. Сладковский, А.А. Рындин,
И.Н. Чиковская, Д.В. Голованов
/ООО «Бюро ESG», г. Санкт-Петербург/

Представлен опыт информационного моделирования сложных технологических установок. Определены задачи, которые необходимо решить, разрабатывая информационную модель объекта для эксплуатации. Рассматриваются программные средства для построения информационной модели. Поднята проблема импортозамещения ПО для информационного моделирования. Приведен перечень импортозамещающего программного обеспечения для решения задач информационного моделирования сложных технологических установок. В качестве системы СУИД предлагается использование СУИД «Плант-Навигатор» на платформе IPS Search, дополненный вьюверами PlantViewer 2D/3D, обеспечивающими визуализацию «интеллектуальных» 3D-моделей установок. Рассматриваются наиболее распространенные САПР проектирования сложных технологических и промышленных установок – PlantDesign. Сформулированы положения, на базе которых разработаны САПР и принципы их построения. Представлен программный продукт – САПР PlantLinker, обеспечивающий проектирование и 3D-моделирование промышленных объектов и сложных технологических установок непрерывного производственного цикла, и его функциональные возможности.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: информационные модели (ИМ) технологических установок, система автоматизированного проектирования (САПР), система управления инженерными данными (СУИД), СУИД «Плант-Навигатор», САПР сложных технологических и промышленных установок PlantLinker, PlantViewer 3D, PlantViewer 2D, цифровой двойник технологической установки, уникальный ТЕГ (КОД) технологической установки, интеллектуальные трехмерные модели, электронный генплан, моделирование на основе облаков точек, моделирование строительных конструкций, комплексная трехмерная модель технологической установки

Principles in Developing Import-Substituting "PlantLinker" CAD and "Plant Navigator" EDM Systems Based on the Experience in Creating Information Models for Process and Industrial Installations

A.A. Tuchkov, PhD, A.I. Sladkovskiy, A.A. Ryndin,
I.N. Chikovskaya, D.V. Golovanov /Bureau ESG LLC,
St. Petersburg/

The group of authors present the experience in information modeling of complex process installations and identify the tasks that should be achieved by designing the information model of the facility for its further operation. The authors also consider the software tools for building this information model as well as the problem of import substitution in the area of software for information modeling. The paper provides the list of import-substituting software for resolving information modeling problems with complex process installations. The authors also propose the use of "Plant Navigator" EMD system as an EMD system, based on IPS "Search" platform added with "PlantViewer" 2D/3D viewers, providing visualization of "smart" 3D models of process units. The paper also contains the discussion on the most common CAD systems used to design complex process and industrial installations, i.e. "PlantDesign" and the provisions on the basis of which CAD systems and the principles of their construction have been designed. The paper also presents the "PlantLinker" CAD software product, which provides designing and 3D modeling of industrial facilities and complex process installations for non-stop production cycle and its functionality.

KEY WORDS: Information models (IM) of process installations, computer-aided design (CAD) system, engineering data management (EDM) system, "Plant Navigator" EDM, "PlantLinker" CAD for complex process and industrial installations, "PlantViewer" 3D, "PlantViewer" 2D, digital twin of a processing unit, unique TAG (CODE) components of process installation, smart 3D models, electronic master plan, point cloud modeling, modeling of civil engineering structures, complex 3D model of a process installation

В предыдущих презентациях и статьях [1] мы неоднократно рассказывали о десятилетнем опыте информационного моделирования сложных технологических установок. Понятно, что этот опыт базировался на ряде зарубежных САПР и СУИД.

Жизнь не стоит на месте, и, видимо, пришло время рассказать о наших разработках, предназначенных для решения задачи импортозамещения в области моделирования сложных технологических и промышленных установок. В этой статье мы расскажем о САПР PlantLinker и СУИД «Плант-Навигатор», а также о вьюверах PlantViewer 3D и PlantViewer 2D.

Во всех вышеперечисленных разработках используется накопленный 25-летний опыт группы компаний «САПР-Петербург» при реализации проектов поставок и внедрения САПР сложных технологических установок и 11-летний опыт внедрения СУИД/СупрИД и наполнения ее интеллектуальным контентом.

Нашими компаниями были созданы и актуализированы информационные модели (ИМ) 36 объектов нефтепереработки, из них 26 эксплуатационных моделей и 10 проектных. В том числе:

- 20 установок моделировались с использованием САПР Smart 3D;
- 11 установок – с использованием САПР PlantLinker;
- 3 установки – с использованием САПР Autodesk Revit;
- строительные конструкции на 19 установках – с использованием САПР Tekla Structures;
- технологические схемы и схемы процессов на 29 установках – с использованием САПР Smart P&ID;
- электронная версия генплана 13 установок – с использованием САПР nanoCAD GeonICS.

С использованием САПР Autodesk Revit были созданы модели:

- 2 газоизмерительных и 1 компрессорной станций Газпрома;
- 4 объекта судостроительных верфей;
- 5 поликлиник;
- 4 станции метро.

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Позволю себе повторить раздел предыдущей статьи и еще раз акцентировать внимание наших читателей на задачах, которые мы пытаемся решить, строя информационную модель сложных технологических установок (рис. 1).

Для чего нашим заказчикам (нефтегазовым холдингам) нужны информационные модели технологических установок?

В отличие от традиционно применяемых в сфере гражданского строительства ТИМ (ВІМ) технологий в нефтегазовой отрасли потребность в информационных моделях технологических установок возникла не у проектировщиков (там уже не одно десятилетие применяются технологии, похожие на ТИМ), а у эксплуатантов.

Возникла задача сокращения времени плановых и неплановых (аварийных) простоев технологических установок. Финансовый результат тут не обсуждается – простой установки в течение недели, не говоря уже о месяце, влечет за собой многомиллионные убытки. При этом многие установки функционируют не одно десятилетие и неоднократно подвергались реконструкции и ремонту.

Стандартный подход ТИМ – строим модель от стадии проектирования – тут не работает. Хотя постепенно ситуация меняется. Заказчик предъявляет требования проектировщикам и стремится к получению модели «как построено».

Чего же мы пытаемся достичь, разрабатывая информационную модель объекта для эксплуатации?

Мы пытаемся собрать в одном месте всю достоверную информацию об объекте, включая:

- проектную, строительную, эксплуатационную документацию;
- трехмерную модель объекта;

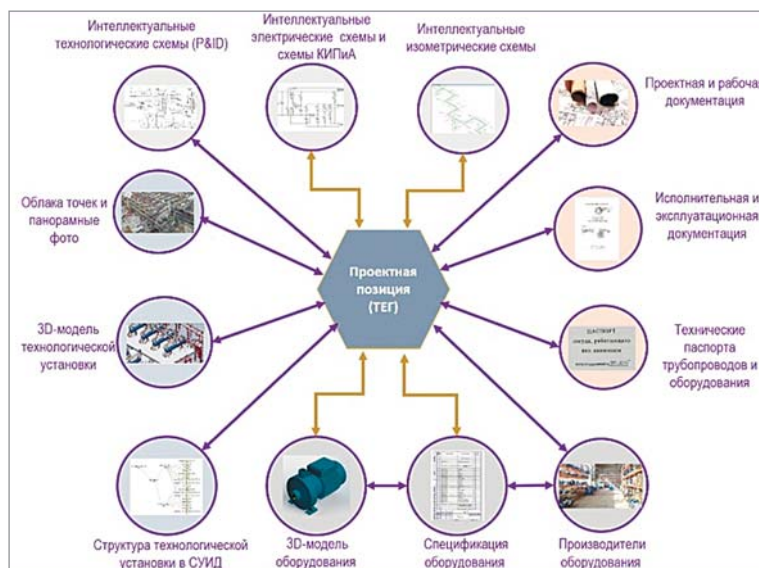


Рис. 1. Цифровой двойник технологической установки

- панорамные фотографии объекта;
- схемы процессов, технологические схемы (схемы P&ID), электрические схемы, схемы функционирования КИП, изометрические схемы;
- электронную версию генплана территории объекта, включая подземные коммуникации;
- технические паспорта компонентов объекта, включая трубопроводы, уникальное оборудование, стандартное (закупаемое) оборудование, огромное количество устройств «полевого» КИП;
- регламенты обслуживания компонентов технологической установки;
- исторические данные: где закупалось оборудование, кто его ремонтировал, что заменялось и т. п.;
- данные о состоянии оборудования, подготавливаемого к плановому простоя или находящегося в плановом простое;
- PDM-информацию по машиностроительным изделиям, включая трехмерные модели изделий.

Для определенности будем называть компоненты технологической установки «проектными позициями». Для того чтобы информационную модель можно было эффективно использовать, следует установить множество разнообразных связей.

Мы хотим видеть:

- необходимую проектную позицию в трехмерной модели установки;
- проектную позицию в технологических схемах и схемах процессов;
- всю документацию, связанную с проектной позицией;
- связь с проектной позицией внутри документации (это далеко не всегда реализуемо);
- исторические данные, связанные с проектными позициями;
- проектную позицию на панорамных фотографиях.

И самое главное, мы хотим, чтобы поиск проектной позиции и переходы между моделями и документами происходили в идеале мгновенно.

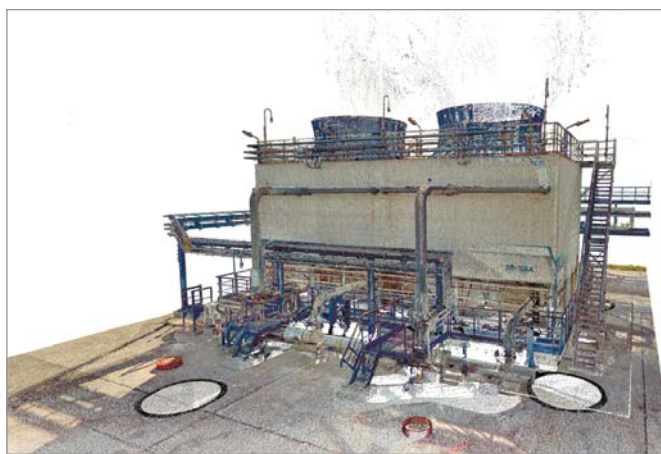


Рис. 2. Результат наземного лазерного сканирования установки – облако точек

Обратим внимание читателя еще на один очень важный фактор. Мы строим информационные модели установок, которые эксплуатируются много лет (а иногда и десятков лет). За это время они неоднократно подвергались ремонтам, модернизациям, замене оборудования. И далеко не всегда эти изменения отображались в какой бы то ни было документации.

Поэтому единственным источником гарантированно актуальной информации является сама установка. Современные средства лазерного сканирования, панорамной фотографии и просто цифровой фотографии обеспечивают работу специалистов, занимающихся информационным моделированием, доступом к оцифрованной информации в статусе «как эксплуатируется» (**рис. 2**).

II. ИСПОЛЬЗУЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Программные средства на стороне исполнителя разделяются по специальностям:

- САПР строительных конструкций – Tekla Structures (компания Trimble) и Autodesk Revit (компания Autodesk).

- САПР технологических конструкций – Intergraph Smart 3D (компания Hexagon PPM), иногда AVEVA E3D (компания AVEVA).

- САПР технологических схем – Intergraph Smart P&ID (компания Hexagon PPM).

- САПР создания генплана и ИМ наружных коммуникаций – nanoCAD GeoniCS (компания «Нанософт») и Autodesk Civil 3D (компания Autodesk).

- Создание комплексной (объединенной) модели – Intergraph Smart 3D (компания Hexagon PPM).

- Средства работы с облаками точек – результат наземного сканирования объектов и сооружений – программные средства компании Leica Geosystems (корпорация Hexagon): Cyclone Register (первичная обработка); Cyclone Publisher (нарезка облаков точек и публикация); Smart Laser Data Engineer (SLDE) (хранилище облаков точек); CloudWorx for Intergraph Smart 3D (доступ к облакам из САПР); Truview Enterprise (хранилище панорамных туров и облаков точек); Truview (просмотр панорамных туров и облаков точек); JetStream Viewer (просмотр облаков точек).

Программные средства на стороне заказчика, которые позволяют построить информационную модель, называются системами управления инженерными данными (СУИД, иногда СУпрИД). В настоящее время многие заказчики используют SmartPlant Foundation (SPF и ее развитие SPO) компании Hexagon PPM. Часть заказчиков использовали Aveva Net Portal (компания AVEVA).

Одним из инструментов заказчиков является «верификационный стенд» (продукт заказчика), который позволяет сравнить трехмерную модель (модели), технологические схемы и таблицы компонентов (1d-модель) установки (**рис. 3**) на предмет:

- правильности задания тегов во всех трех моделях;

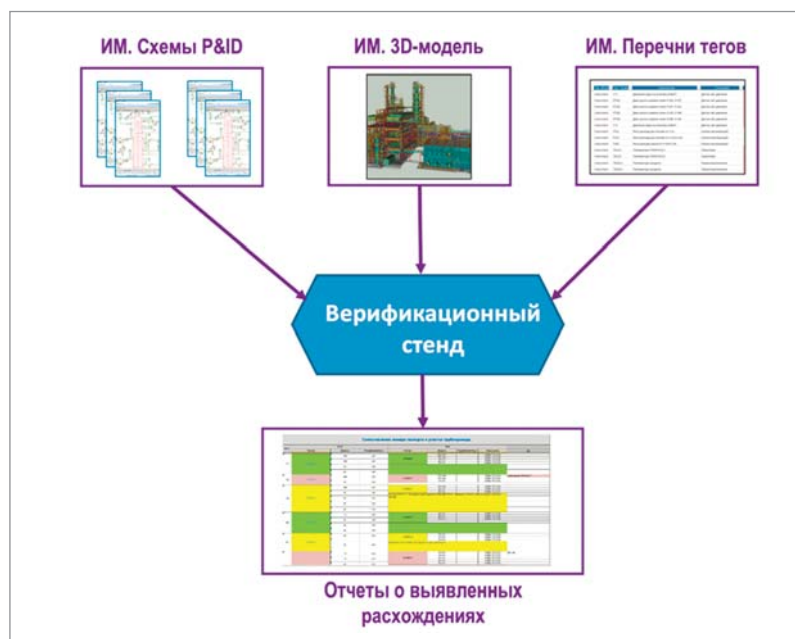


Рис. 3. Схема верификационного стенда

- полноты присутствия всех компонентов во всех трех моделях;
- необходимого атрибутивного состава каждого компонента;
- правильности заполнения атрибутивного состава.

III. ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩЕЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Для начала просто приведем список импортозамещающего программного обеспечения, которое мы рассматриваем для решения задач информационного моделирования сложных технологических установок.

Сразу следует акцентировать внимание на том, что этот список не охватывает всех продуктов на отечественном рынке. В список вошли те продукты, которые рассматривает наша группа компаний для решения вышеописанных задач.

■ САПР строительных конструкций – nanoCAD BIM Конструкция (компания «Нанософт») и Renga (компания Renga Software).

■ САПР промышленных установок, включая строительные конструкции – PlantLinker (компания «ПлантЛинкер»).

■ САПР технологических конструкций – PlantLinker (компания «ПлантЛинкер»).

■ САПР технологических схем – nanoCAD (компания «Нанософт»).

■ САПР создания генплана и ИМ наружных коммуникаций – nanoCAD GeoniCS (компания «Нанософт»).

Создание комплексной (объединенной) модели – PlantLinker (компания «ПлантЛинкер») либо PlantViewer (компания «ПлантЛинкер») на базе IFC-формата.

Средства работы с облаками точек – результат наземного сканирования объектов и сооружений – PlantLinker (компания «ПлантЛинкер»).

В качестве системы СУИД на стороне заказчика мы предлагаем использовать СУИД «Плант-Навигатор» (компания «Бюро ESG») на платформе IPS Search (компания «Интермех»).

В качестве вышеупомянутого «Верификационного стенда» может использоваться существующий (потребуется доработки) либо он может быть создан на платформе IPS Search ресурсами исполнителя или заказчика.

Несколько замечаний по вышеприведенному списку.

■ Мы подробно расскажем в этой статье о САПР PlantLinker, принципах, на которых он создавался, и особенностях моделирования крупных технологических установок.

■ Модели из Renga и nanoCAD BIM Конструкции могут интегрироваться в комплексную модель через формат IFC.

■ К сожалению, сегодня не существует отечественного САПР технологических схем, сравнимого по функциональности с Intergraph Smart P&ID. При использовании nanoCAD возникает вопрос о сохранении «интеллектуальности» этих схем.

■ nanoCAD GeoniCS уже неоднократно использовалась в наших проектах и обеспечивала необходимую функциональность при создании генплана территории вокруг установки и ИМ наружных коммуникаций.

■ Мы также подробно расскажем о том, на основе каких критериев проводился выбор платформы импортозамещающего СУИД и почему мы пришли к разработке технологии создания СУИД «Плант-Навигатор».

IV. САПР PLANTLINKER – ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

САПР проектирования сложных технологических и промышленных установок получили название Plant Design.

Наиболее известными и распространенными можно считать всего четыре САПР Plant Design (причем первые две из них фактически уже устарели):

■ PDS (компания Intergraph);

■ PDMS (компания Aveva);

■ Smart 3D (компания Hexagon PPM, выросшая из компании Intergraph);

■ Everything3D-E3D (компания Aveva).

На каких принципах построены вышеупомянутые САПР?

Приведем количественные характеристики одной крупной работающей установки (комбинированная установка по производству ароматических углеводородов (КПА)):

■ площадь – 15 гектар;

■ количество уникального и стандартного оборудования – 590 единиц;

■ количество технологических трубопроводов – 3687 единиц;

■ количество приборов и устройств КИП – 10 626 единиц;

■ зданий/сооружений – 45 единиц;

■ грузоподъемного оборудования и вентиляционных систем – 163 единицы;

■ электрооборудования – 2127 единиц.

Из этого понятно, что, строя ИМ, мы будем оперировать огромным количеством объектов и документов и огромными по размеру моделями. Объем 3D-модели КПА в формате IFC составляет около 20 ГБ.

Попробуем сформулировать несколько положений, на базе которых разработаны вышеупомянутые САПР:

Объектно-ориентированный способ представления моделей. Каждый компонент модели хранится в системе как объект (символ), имеющий наименование, однозначно определяющее его геометрический образ и набор атрибутов (параметров): технологические параметры, размерные параметры, параметры положения. Геометрический образ в системе не хранится. За счет этого резко уменьшается объем модели в файловом виде и обеспечивается возможность создания огромных моделей.

Создание моделей ведется на основе каталога (рис. 4), который включает в себя:

■ каталог для систем трубопроводов на основе спецификаций (классов);

■ каталог для систем воздухопроводов на основе спецификаций;

■ каталог для систем кабельных лотков на основе спецификаций.

Спецификация трубопроводов (воздуховодов, лотков) представляет собой список компонентов, доступных для размещения на осевой линии, набор правил для корректного выбора этих компонентов и ссылки на таблицы размеров и обозначений.

Например, правило выбора компонентов изменения направления (отводы, гибы), правило ответвлений и т. д.

Использование спецификаций позволяет автоматизировать процесс генерации компонентов по топологии линий, подбирать ответные детали для арматуры и патрубков (штуцеров) оборудования, подбирать прокладки и крепежные детали, генерировать сварные швы и т. д. Это резко ускоряет процесс моделирования, в особенности редактирования и позволяет избежать многих ошибок.

Но следует учитывать необходимость подготовки спецификаций на основе используемых стандартов, технологических требований проектов и технических условий. Соответственно, требуется подготовка квалифицированных администраторов.

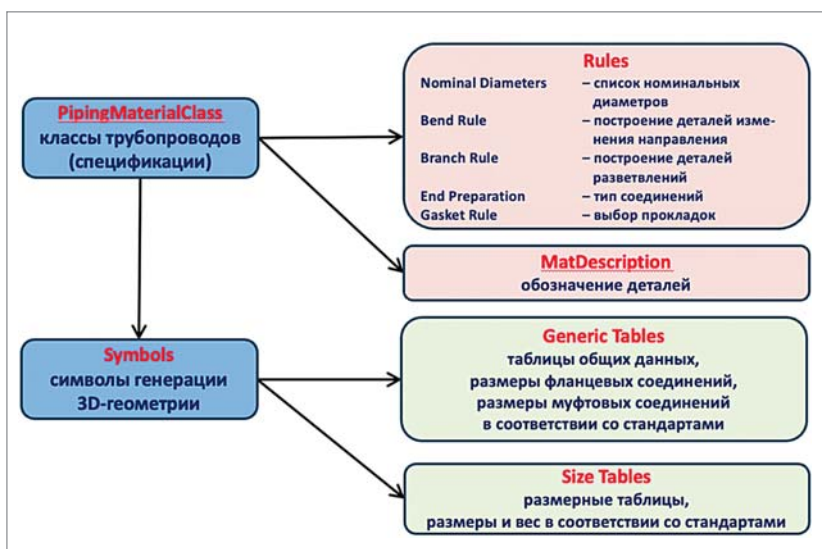


Рис. 4. Каталог классов трубопроводов САПР PlantLinker. Все данные хранятся в файлах формата .Xml.

■ Библиотеки профилей сечений металлопроката и бетона.

■ Библиотеки металлопроката и других строительных элементов определяются простейшим способом – заданием сечения, «протягиваемого» по определенной линии, и необходимых атрибутов (в частности материала). Геометрический образ не хранится.

■ Каталог типового оборудования с параметризацией,

■ Каталог опор и подвесок.

Модели оборудования и нестандартных компонентов, используемых в этих системах, имеют упрощенную (фактически «оболочковую» графику) и разнообразные точки коннекции к этому оборудованию (фланцы различных типов, электрические клеммы и т. п.). В большинстве случаев геометрический образ этого оборудования определяется простейшими правилами в некотором формализованном описании.

Для генерации компонентов используется два основных метода: простые элементы генерируются программно (Hardcoded), а для сложных компонентов используются параметрические символы на основе описаний, по-разному реализованных в разных системах (в Plantlinker это XML). Это позволяет резко ускорить процесс создания геометрии для объектов.

■ Фактически внутри систем Plant Design присутствует табличное описание всей 3D-модели, что обеспечивает легкую генерацию любых отчетов (ведомостей, экспликаций, спецификаций и т.п.).

■ Ну и важнейшим свойством любых систем Plant Design является поиск коллизий реализуемый или «на лету», или как отдельная процедура с большим количеством настроек.

Таким образом, объектная модель, построенная на заранее подготовленном каталоге спецификаций, обеспечивает очень компактное представление трехмерной модели и, как следствие, возможность моделирования очень больших и сложных установок.

САПР PlantLinker построен именно на таких принципах и обеспечивает проектирование и 3D-моделирование промышленных объектов и сложных технологических установок непрерывного производственного цикла.

САПР PlantLinker предназначен для работы проектных организаций и их филиалов, ПКО предприятий, групп авторского надзора, субподрядчиков, контрагентов, поставщиков оборудования и групп 3D-моделирования.

- Коллективная работа над проектом с возможностью автономных рабочих мест.

- Комбинирование и обмен моделями из различных систем Plant Design с использованием поставляемых интерфейсов (Intergraph Smart3D, Aveva E3D, TEKLA Structures, Smart P&ID, Smart Isometrics и другие).

Функциональные возможности САПР PlantLinker:

- 3D-моделирование оборудования, трубопроводов, строительных конструкций, вентиляции и электрических систем.

- Каталоги типового оборудования с возможностью параметризации.

- Настраиваемые референсные базы данных (каталоги) на основе спецификаций.

- Фильтры и селектирование по свойствам объектов.

- Проверка интерференций (коллизий).

- Табличное представление модели и отчеты.

- Ортогональные чертежи.

- Генерация изометрических чертежей с использованием Intergraph Smart Isometrics.

- Поддержка формата IFC – импорт/экспорт.

- Восстановление архивов трубопроводов из форматов PCF/IDF.

- Работа с облаками точек большого размера.

Разница между генерацией компонентов «на лету» (Hardcoded) и из XML-описания в Plantlinker практически незаметна. Именно это позволяет работать только с объектами в формате XML, что кардинально уменьшает размеры файлов. В этом Plantlinker резко отличается от других систем.

В отличие от вышеупомянутых западных САПР, в которых объектная модель построена на основе баз данных, объектная модель САПР PlantLinker построена на основе XML-файлов, что резко снижает затраты на административные функции, фактически обеспечивая как коллективную работу над проектом, так и возможность

индивидуальной (в том числе удаленной) работы над частями проекта.

Поясним этот тезис подробнее. Все, кто имеет отношение к работе на системах Plant Design, не понимают, как может подобная система работать, не используя СУБД. Важным является не СУБД, а объектная модель установки, которая может быть реализована самими разными методами.

В реальной жизни никто не работает одновременно на одной и той же части модели. Кто-то делает строительные конструкции, кто-то размещает оборудование, кто-то занимается трассировкой трубопроводов, а кто-то – лотками и вентиляцией. Каждый работает над своей частью модели, а остальные части загружает по мере необходимости как референсные (т. е. нередактируемые) модели и регулярно производит обновления как своей, так и чужих частей.

Поскольку при описании используемой технологии XML-файлы получаются небольшого размера, можно придумать много стратегий их использования. Например, держать на общем сервере компании под управлением администратора, забирать их домой либо в удаленную локацию и возвращать по готовности, или даже обмениваться по электронной почте либо через файлообменные механизмы (рис. 5).

Еще один важный момент – работа с облаками сканированных точек. Особенно это важно при информационном моделировании существующих объектов и реконструкции. Тут надо разделить работу по управлению облаками точек и работу по моделированию по облакам точек.

Самое главное, что PlantLinker обеспечивает рендеринг облаков больших размеров (100+ миллиардов точек) путем загрузки и подкачки облаков с носителей по необходимости.

Специальный модуль PlantLinker PmPoints (работает автономно) предназначен для подготовки облаков точек для работы в Plantlinker – преобразование форматов, сжатие, прореживание, вырезка необходимых частей, управление комбинациями вырезов.

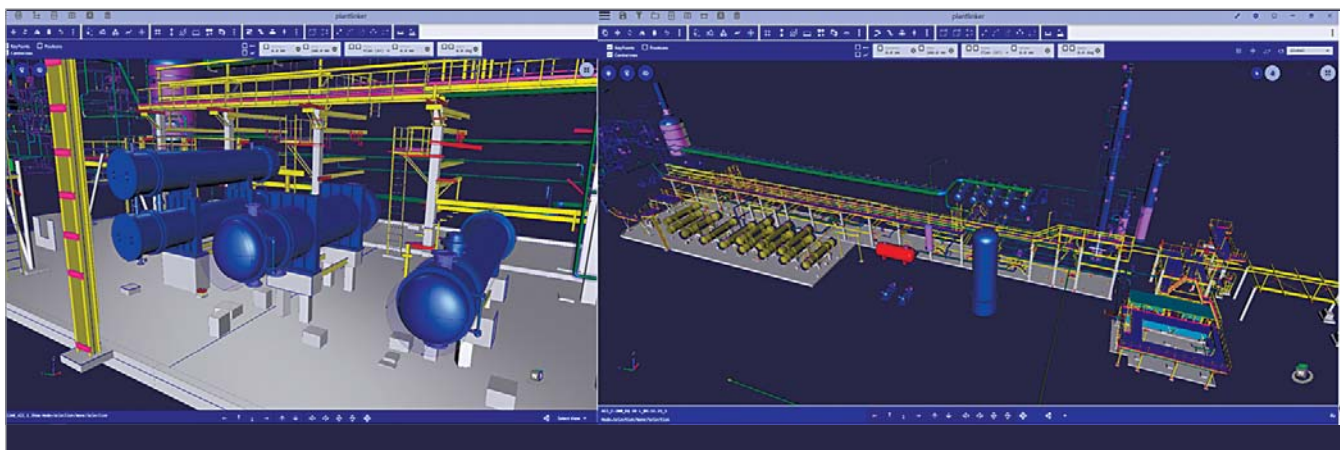


Рис. 5. Примеры моделей, созданных на САПР Plantlinker

Дополнительный модуль PlantLinker PMCloud (работает в среде PlantLinker) реализует моделирование оборудования, строительных конструкций, трубопроводов и лотков по распознанным объектам и обеспечивает:

- привязку к точкам облака;
- измерения;
- сечения облаков точек с привязкой точек в сечениях;
- нахождение центральных линий цилиндрических и призматических поверхностей с определением размеров;
- распознавание строительных элементов с подбором профиля.

На рис. 6 представлен пример моделирования по облакам точек.

В этой статье мы попытались акцентировать внимание на тех принципах создания САПР PlantLinker, которые обеспечивают создание информационных моделей огромных технологических установок, сравнимых с комбинированной установкой по производству ароматических углеводородов КПА, параметры которой приведены выше. Подробно ознакомиться с функциональными возможностями САПР PlantLinker можно в статьях [3] и [4] и на сайте www.plantlinker.ru.

V. СУИД «ПЛАНТ-НАВИГАТОР» – КРИТЕРИИ ВЫБОРА ПЛАТФОРМЫ

В этой части статьи мы попытаемся сформулировать самые важные, на наш взгляд, критерии выбора платформы системы управления инженерными данными.

Довольно часто приходится слышать мнение, что СУИД и машиностроительные системы PDM/PLM (управление структурой изделия и управление жизненным циклом изделия) – это одно и то же. Действительно, архитектура этих систем очень близка, но есть несколько фундаментальных и очень важных отличий:

- Системы PDM/PLM в основном работают с одной иерархической структурой изделия (изделие-узел-сборка-

подсборка-деталь). В СУИД необходимо работать со многими разнообразными структурами. Подробности мы обсудим ниже.

- Системы PDM/PLM фактически всегда плотно интегрированы с машиностроительной САПР того же вендора. С другими САПР интеграция всегда значительно хуже и сводится к хранению файлов и работе со стандартными форматами (в первую очередь STEP, IGES, JT и другие). Форматы, которые используются в СУИД и ПГС (в первую очередь IFC), эти системы не поддерживают.

- В СУИД требуется поддержка интеллектуальных моделей и интеллектуальных схем. Т.е., найдя объект в одной из структур технологической установки, я хочу посмотреть, где он расположен в трехмерной модели и технологической схеме. В системах PDM/PLM это реализовано только для машиностроительных сборок.

Вернемся к критериям выбора платформы для СУИД.

5.1. Создание параллельных структур объектов и горизонтальных связей

При работе в СИУД нам необходимо вести ряд параллельных структур – иногда на одних и тех же объектах, иногда на разных. Пример – классическая структура технологической установки: здание/сооружение – блок – зона – экземпляр оборудования (в западной терминологии – PBS). С другой стороны, оборудование входит в одну, а иногда и несколько систем, которые могут «пронизывать» разные здания/сооружения. Тогда структура может приобрести, например, такой вид: система – подсистема – тип оборудования (основное/вспомогательное) – экземпляр оборудования (в западной терминологии – FBS).

Примером совершенно параллельной структуры является структура документации на установку, и при этом их тоже несколько – проектная, рабочая, исполнительная, эксплуатационная (в западной терминологии – DBS).

Между вышеперечисленными структурами (оборудование установки и документация) должны существовать

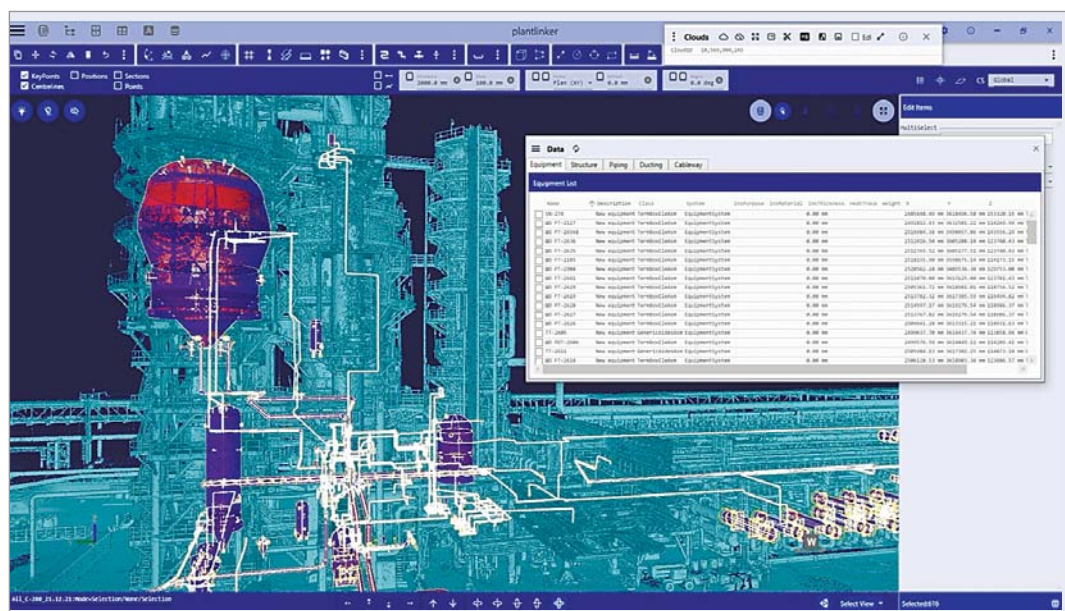


Рис. 6. Моделирование по облакам точек

горизонтальные связи (оборудование упоминается в документе).

5.2. Отображение связей объектов в виде иерархических и паутинных графов

Существующие структуры и горизонтальные связи между объектами необходимо отображать в интуитивно понятном виде. Существует несколько общепринятых механизмов отображения:

- Просто отображение иерархической структуры объекта или документации, зафиксированное в системе.
- Отображение, настраиваемое по атрибутам – первый атрибут – здание/сооружение, второй – этаж, третий – помещение.
- Отображение в виде паутинного графа (жаргонные названия – «паук», «молекула»), визуализирующего связи между различными объектами.

При этом при всех способах требуется настройка способа отображения, включая задание уровня вложенности, фильтрацию, сортировку на каждом уровне и т. п.

На рис. 7 представлены примеры разнообразных структур и списков атрибутов, на рис. 8 – примеры отображения структуры трубопровода в паутинном графе.

5.3. Форматы хранимых документов, интеллектуальных 3D-моделей и технологических схем

Мы уже упоминали о различных форматах, используемых в СУИД. При выборе платформы необходимо, чтобы она поддерживала работу с форматами, получившими в нашей стране статус «стандарта де факто». Это в первую

очередь формат .PDF, в котором отображаются многостраничные документы фактически из любых систем. И несколько «условно открытых» форматов – Microsoft Office (Docx, .Xlsx, .Pptx) и Autodesk – .Dwg. Опережая вопрос об импортозамещении – с этими форматами работает огромное количество отечественных систем (PDFChef, P7-Офис, NanoCAD и другие).

Теперь самое главное – обеспечение «интеллектуальности» 3D-модели и различных схем. Под схемами в данном случае понимаются схемы процессов, технологические схемы (P&ID-схемы), электрические схемы и схемы контрольно-измерительных приборов (КИП), а также изометрические схемы. Под «интеллектуальностью» понимается возможность обозначить позиции любого объекта в 3D-моделях и схемах. Связь осуществляется с помощью уникального кода любого компонента (существующего в структуре СУИД, 3D-моделях и схемах), обычно называемого ТЕГ (рис. 9).

В статье [2] мы уже высказывали свою позицию – обсуждаемые и используемые в СУИД форматы должны быть открытыми. С нашей точки зрения сегодня востребованы форматы IFC – для моделей строительных и технологических конструкций и STEP – для моделей оборудования.

Что касается разнообразных схем, то сегодня мы предлагаем использовать открытый формат SVG, но прорабатываем в настоящее время и работу с форматом PDF. Работа с интеллектуальными схемами в формате PDF,

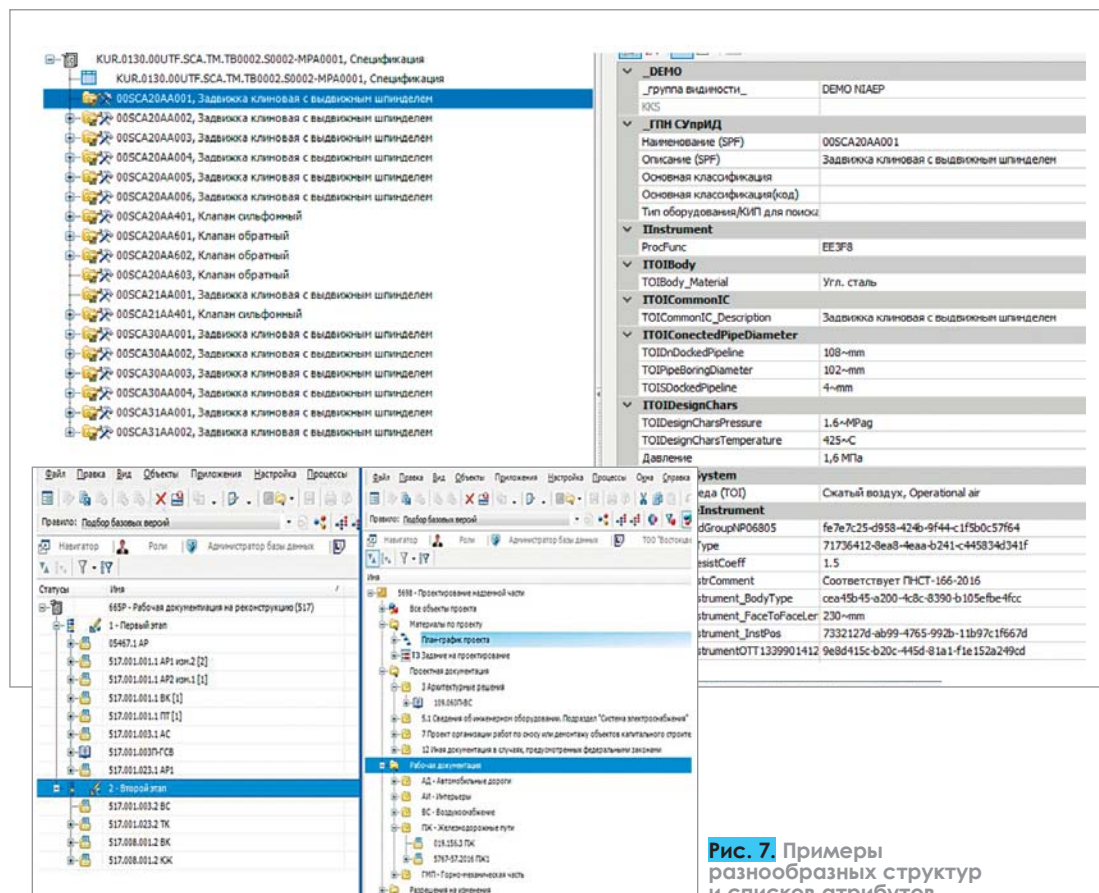


Рис. 7. Примеры разнообразных структур и списков атрибутов

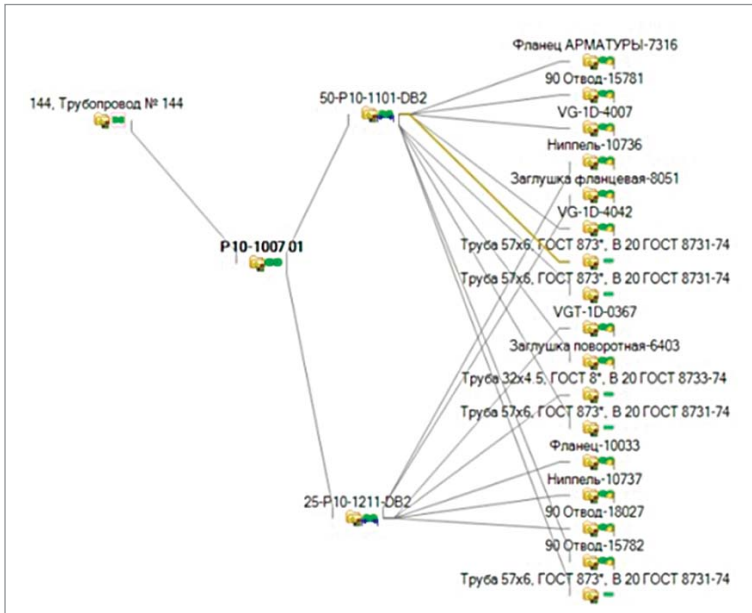


Рис. 8. Примеры отображения структуры трубопровода в паутином графе

кстати сказать, обеспечит возможность придания «интеллектуальности» любому документу в этом формате.

При этом, поскольку сами установки очень большие, то и 3D-модели в формате IFC тоже весьма велики (20–90 Гб), а количество технологических схем на одной установке может быть более 200. И СУИД должен уметь работать с такими объемами.

5.4. Поиск, сортировка и фильтрация объектов

При эксплуатации очень часто возникают задачи поиска необходимого объекта или объектов по самым разнообразным критериям. На самом деле именно благодаря решению вопроса мгновенного поиска того или иного объекта/объектов и появляется экономическая выгода от создания и использования таких систем. Но важно искать объекты по довольно сложным запросам, например, найти все насосы мощностью больше 50 кватт, перекачивающие бензин и расположенные в определенных установках, а затем

отсортировать их по увеличению мощности. Ну и отобразить (отфильтровать) только насосы, поставленные определенной компанией.

5.5. Ведение версий документов, объектов и структур

Выше мы обсуждаем вопрос о различных форматах документов. То есть СУИД в качестве инженерных данных хранит документы. А это означает, что фактически СУИД должен реализовывать функциональность технического архива и документооборота (ТДО). Одним из важнейших требований к системам ТДО является необходимость хранить версии документов, а если расширить эту функциональность на объекты и модели – то и версии объектов и моделей.

На самом деле могут появляться и версии хранимых структур объектов (например, один теплообменник во время ремонта заменили на два – структура изменилась). Но это далеко не всегда востребовано – корректировка единичного объекта (документа) обычно только порождает его версию, но не приводит к новой версии объектов, стоящих выше в иерархии.

5.6. Документооборот и бизнес-процессы

Итак, раз есть документы и их версии, то должен быть и документооборот – совместная разработка, согласование, утверждение и сдача в архив. Если эти процессы очень сложные, то возникает и необходимость создания разветвленных бизнес-процессов с последовательными и параллельными шагами, иногда выходящими за рамки СУИД (рис. 10).

5.7. Система планирования со связями с объектами и документами

Поскольку СУИД связана не только с поиском и обработкой тех или иных объектов

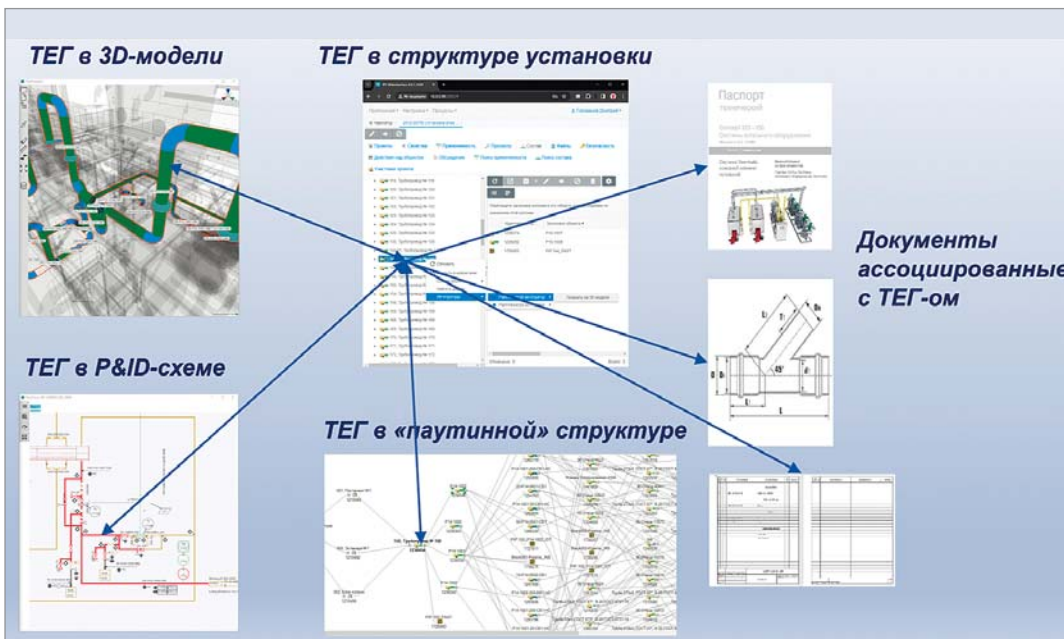


Рис. 9. Связь «интеллектуальных» 3D-моделей и схем со структурой установки и обычными документами

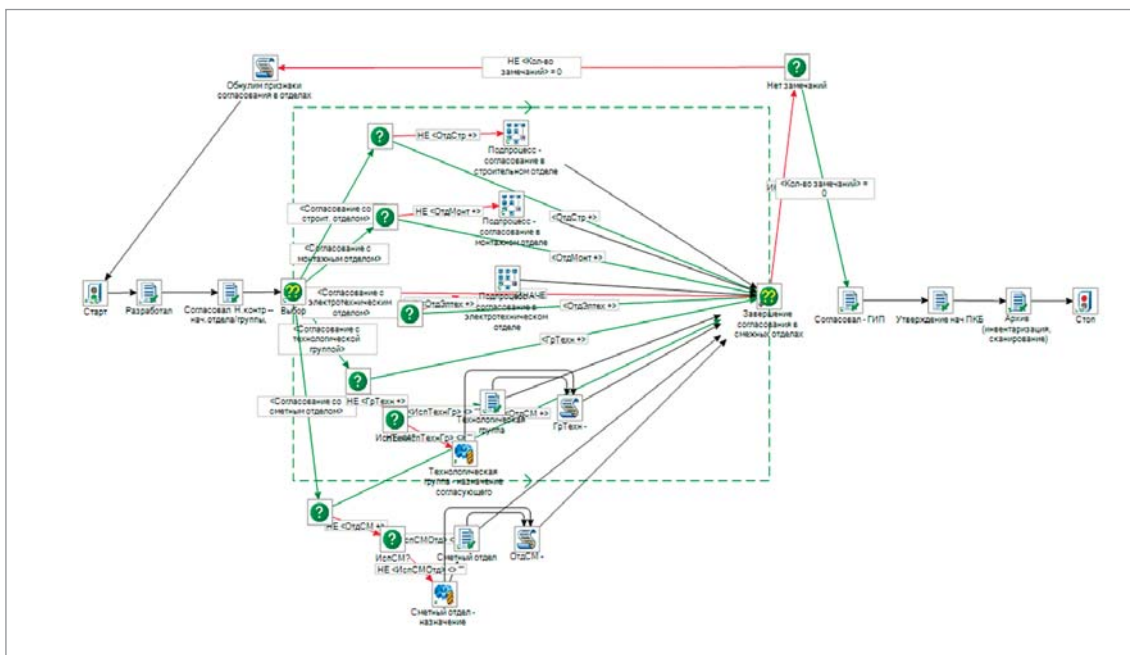


Рис. 10. Пример бизнес-процесса согласования и утверждения комплекта документов

и документов, касающихся технологических установок, но и с рядом работ, связанных с их обслуживанием, ремонтом, модернизацией, очень часто требуется «перевязать» работы в календарных планах-графиках с объектами и документами, находящимися в СУИД. Особенно это касается работ, требующих простоев установки (вывода из эксплуатации). Простои могут быть «плановыми» и «аварийными». В первом случае требуется подробный план-график работ, во втором, в первую очередь, – доступ к актуальной информации и план срочного устранения неисправностей. И идея, которая витает над миром, – автоматическое окончание этапа работы при изменении статуса какого-то объекта, связанного с этой работой. Например, согласование и утверждение комплекта документов автоматически приводит к закрытию работы в план-графике.

5.8. Поддержка территориально распределенных систем

Достаточно часто мы сталкиваемся с необходимостью развертывать СУИД на промышленных площадках, территориально разнесенных друг относительно друга. Например, Москва, Санкт-Петербург, Омск.

Идеальным решением в этом случае является разворачивание центра обработки данных (ЦОД) в равноудаленной точке и удаленный доступ со всех планируемых (а иногда и случайных) площадок. Но такой подход требует очень надежно работающих и высокоскоростных каналов передачи данных, что не всегда реализуемо.

Тогда принимается решение о разворачивании ЦОД на нескольких площадках и обмене данными между ними. Простейшая репликация баз данных обычно неприемлема, да и не требуется (далеко не вся информация должна быть на всех площадках), поэтому необходима «интеллектуальная», или «объектная» репликация с осознанием того, что надо передавать, а что нет.

Также в этих условиях должны быть обеспечены территориально распределенные бизнес-процессы и документооборот.

5.9. Технологическая платформа

Требования импортозамещения накладывают ограничения на используемые операционные системы и СУБД. В идеале все должно работать на одном из клонов Линукс (самые распространенные – Astra Linux, РЕД ОС, Альт Линукс) и на отечественной СУБД (с нашей точки зрения фактически безальтернативно для наших задач – СУБД Postgres Pro). Поскольку большинство платформ СУИД развивалось в традиционной парадигме (ОС MS Windows и СУБД MS SQL или ORACLE), то переход на импортозамещающие ОС и СУБД, мягко скажем, нетривиален. Тем не менее требование никуда не исчезнет.

5.10. Использование PDM/PLM-моделей оборудования

В настоящее время оборудование в СУИД представлено как один компонент, обладающий ТЕГ-ом, в ряде случаев – как несколько компонентов, каждый из которых обладает ТЕГ-ом (крупноблочная декомпозиция оборудования).

Но уже появляются запросы включить в состав СУИД и подробную информацию по оборудованию, машиностроительные 3D-модели оборудования, комплекты документов, т. е. фактически включить в состав СУИД PDM/PLM-систему с машиностроительным контентом по оборудованию.

VI. СУИД «ПЛАНТ-НАВИГАТОР» – НАШ ВЫБОР ПЛАТФОРМЫ

В этом разделе мы расскажем о нашем выборе платформы для создания СУИД. Мы уже упоминали, что архитектура СУИД очень близка к архитектуре машиностроительных PDM/PLM-систем. Также мы подробно описали основные различия.

Проанализировав состояние рынка отечественных PDM/PLM-систем, а также рынка систем технического документа оборота (ТДО) и сред хранения общих данных (СОД) в секторе промышленного и гражданского строительства, мы пришли к выводу, что девяти из десяти критериев, сформулированных выше (кроме пункта 5.3), отвечает система IPS Search (Компания ОДО «Интермех», г. Минск).

Самая главная ее особенность – это очень гибкое управления структурами объектов и изделий (пункты 5.1, 5.2, 5.4). Именно это востребовано при создании СУИД и не очень часто реализуется в альтернативных системах.

Теперь пункт 5.3 – формат «интеллектуальных» моделей, который не менее важен, чем управление структурами. Тут мы предлагаем использовать два вьювера разработки компании «ПлантЛинкер»:

- PlantViewer 3D – отображение 3D-моделей в файлах формата IFC и STEP, а также облаков точек. При этом поддерживается загрузка очень больших IFC-файлов (20 гб и более);

- PlantViewer 2D – отображение схем процессов, технологических схем (P&ID-схемы), электрических схем, схем контрольно-измерительных приборов (КИП) и изометрические схем в формате SVG.

Оба вьювера интегрированы с IPS Search (как на платформе Windows, так и на платформе Линукс), поддерживают «интеллектуальность» моделей и схем.

Функциональность PlantViewer 3D:

- Преобразование данных из разных форматов во внутренний двоичный формат (в первую очередь из IFC), что обеспечивает уменьшение размера файлов (в среднем в два раза) и скорость загрузки.

- Оптимизация отображения мелких объектов при навигации по 3D-модели.

- Традиционная навигация по 3D-модели (панорамирование, масштабирование, поворот, поиск объектов по наименованиям).

- Выделение объектов, управление цветом и видимостью объектов.

- Измерение расстояний и углов между объектами.
- Сечение 3D-модели (до трех плоскостей).
- Инструменты работы с коллизиями.
- Загрузка облаков точек в пространство 3D-модели.
- Сравнение версий 3D-моделей.
- Сравнение 3D-моделей с облаком точек. Построение «теплого» поля.

- Поддержка интерфейса с СУИД:

- выделение объектов на 3D-модели с дальнейшим позиционированием их в СУИД;

- выделение объектов в СУИД с дальнейшим позиционированием их в 3D-модели;

- управление цветом и видимостью объектов 3D-модели из СУИД (раскраска по значению атрибута, например, оборудование работает, в ремонте, в простое);

- моделирование перемещения объектов в 3D-модели. Объекты могут подгружаться в машиностроительном формате STEP.

- Интеграция с клиентом СУИД, работающим в ОС Windows и ОС Linux (рис. 11).

Функциональность PlantViewer 2D:

- Конвертация данных и схем Smart P&ID в открытые форматы (XML, SVG).

- Возможность визуализации схем, выполненных в Smart P&ID вне среды разработки (схемы процессов и технологические схемы).

- Визуализация электрических схем и схем КИП (Smart Electrical и Instrumentation).

- Визуализация изометрических чертежей.

- Традиционная навигация по 2D-модели (панорамирование, масштабирование, поиск объектов по наименованиям).

- Поддержка интерфейса с СУИД:

- выделение объектов на схеме с дальнейшим позиционированием их в СУИД;

- выделение объектов в СУИД с дальнейшим позиционированием их в схеме;

- переход от схемы к схеме по коннекторам через интерфейс с СУИД.

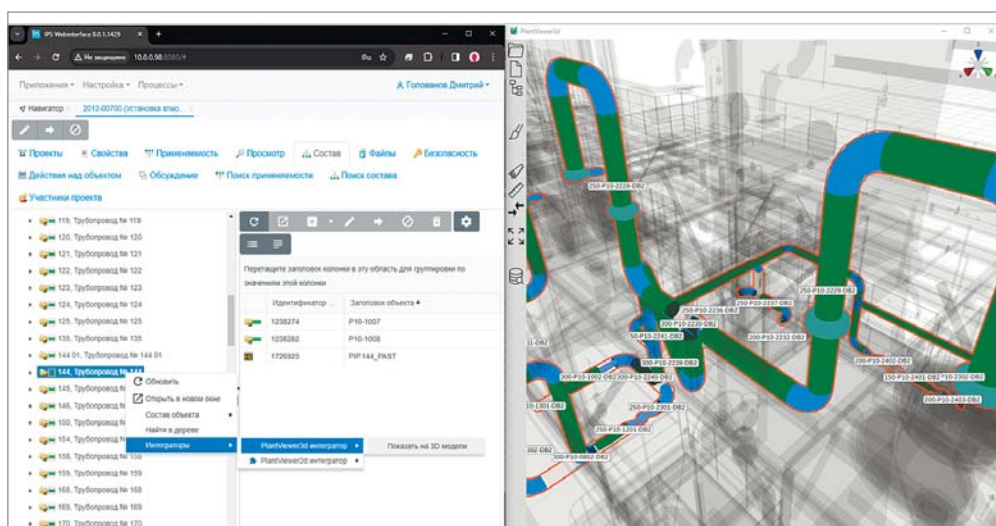


Рис. 11. Визуализация трубопровода в 3D-модели и интеграция с СУИД

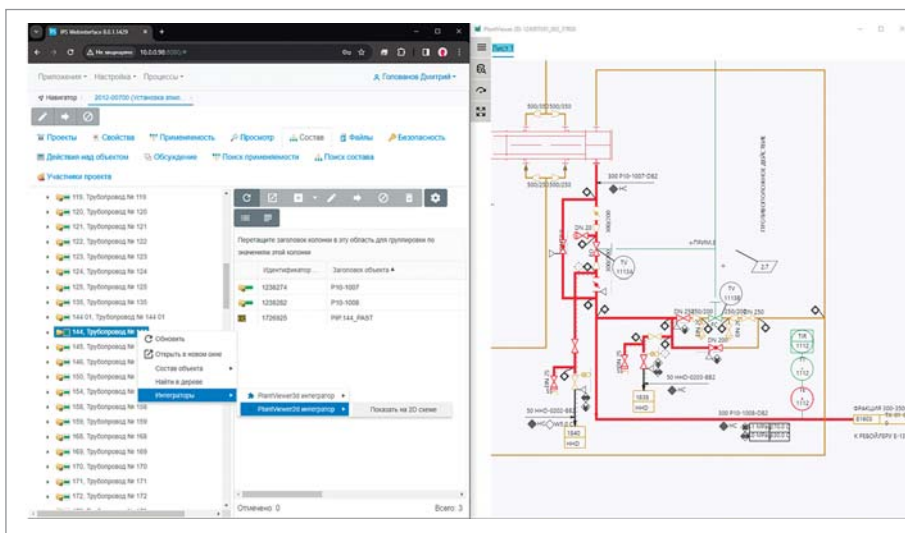


Рис. 12. Визуализация трубопровода в технологической (P&ID) схеме и интеграция с СУИД

- Сравнение двух версий схем (в первую очередь технологических).
- Подготовка данных для проверки корреляции с другими проектными ПО.
- Отображение структуры трубопроводной системы.
- Отображение атрибутивных свойств объектов.
- Интеграция с клиентом СУИД, работающим в ОС Windows и ОС Linux (рис. 12).

И отметим, что пункт 5.10 – использование PDM/PLM-моделей оборудования при выборе в качестве платформы IPS Search реализуется фактически автоматически.

Объем внедрения программных продуктов компании ОДО «Интермех» составляет более 4000 предприятий России и СНГ. При этом IPS Search внедрялся на крупнейших промышленных холдингах страны (<https://intermech.ru/>). Этот аргумент окончательно убедил нас в правильности сделанного выбора.

VII. ВЫВОДЫ

Продукты, разрабатываемые компаниями «Бюро ESG» (esg.spb.ru) и «ПлантЛинкер» (plantlinker.ru)

	Технологии создания СУИД «Плант-Навигатор» (компания «Бюро ESG») на платформе IPS Search (компания «Интермех»)
	САПР сложных технологических и промышленных установок PlantLinker (компания «ПлантЛинкер»)
	Вьюеры IFC-моделей сложных технологических установок PlantViewer 3D (компания «ПлантЛинкер»)
	Вьюеры интеллектуальных технологических, электрических, изометрических схем и схем КИП PlantViewer 2D (компания «ПлантЛинкер»)

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Опыт создания информационных моделей сложных технологических установок в интересах нефтегазовых холдингов / А. Тучков, А. Хабаров, М. Деметьева, И. Ваганов // Нефть. Газ. Новации. – 2024. – № 4. – <https://esg.spb.ru/upload/iblock/f1d/qmw17aa3xntbch9d23vfiair77jf4ejc.pdf>
2. Тучков, А. Открытые и закрытые форматы данных в САПР, СОД, СУИД/СУпрИД / А. Тучков //
3. САПР и Графика. – март 2024. – <https://esg.spb.ru/upload/iblock/b33/kmqtnke55khiulb6bor8yl3dz6i2rc8o.pdf>
4. Сладковский, А. PlantLinker – автономная российская промышленная САПР / А. Сладковский //
5. САПР и Графика. – май 2024. <https://esg.spb.ru/upload/iblock/f84/m5vces6b2cs0i6931p1penmgdehct95w.pdf>
6. Сладковский, А. Как мы перешли от передачи данных к полноценной САПР для моделирования промышленных объектов с насыщенными технологическими трубопроводами / А. Сладковский, Т. Ларина // Энергетика и нефтехимический комплекс Татарстана 2024: сб. статей. – <https://esg.spb.ru/upload/iblock/f2d/eauhxgot9ks2rp3ymi3a8a4cxx5x86g5.pdf>