

Технологии создания информационных моделей объектов с непрерывным производством (часть 1)

Марина Кириллова, Алексей Рындин,
Александр Тучков, Алексей Хабаров

Вступление

Мы неоднократно писали о средствах моделирования производственных объектов с непрерывным технологическим циклом. Нами была довольно подробно описана разработка компании «Плант-Линкер» (входит вместе с компанией Бюро ESG в группу компаний «САПР-Петербург») — САПР технологических установок PlantLinker. Кроме того, мы писали о средствах работы с трехмерной и двумерной графикой разработки этой же компании — PlantViewer 2D и PlantViewer 3D. Мы говорили также и о средствах консолидации инженерных данных (ИД) для управления ими в единой среде — системе управления инженерными данными (далее СУИД) «Плант-Навигатор» (разработка компании Бюро ESG).

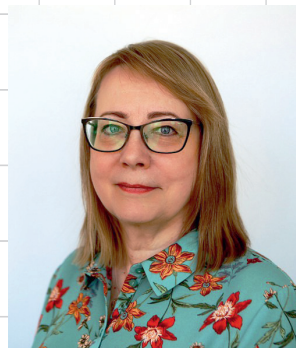
Подчеркнем, что технология СУИД наиболее востребована на стадии эксплуатации объекта с непрерывным производством. Именно на этой стадии возможны наиболее существенные экономические потери, например в результате остановки оборудования. Основная задача технологии СУИД — максимальное сокращение времени плановых и внеплановых простоев.

Кратко об инструментах информационного моделирования

В своих публикациях мы неоднократно развернуто описывали инструментарий, применяемый Бюро ESG для информационного моделирования. Напомним назначение и базовые функции основных отечественных средств информационного моделирования объектов с непрерывным технологическим циклом.

Средства первой группы — средства моделирования — специализированные САПР технологических объектов, которые, в свою очередь, делятся на:

- средства работы с облаками точек — результатами лазерного сканирования;
- средства 3D-моделирования;
- средства моделирования схем:
 - технологических схем P&ID,
 - электрических схем,
 - КИПиА-схем;



Марина Кириллова,
начальник отдела
внедрения САПР в ПГС
Бюро ESG



Алексей Рындин,
заместитель директора
Бюро ESG



Александр Тучков,
к.т.н., технический
директор Бюро ESG



Алексей Хабаров,
заместитель директора
по корпоративным
проектам Бюро ESG

- средства создания изометрических чертежей.
 - Средства второй группы** — набор функционала, предназначенного для консолидации ИД в единой информационной среде, — СУИД.
- Традиционно инструментами информационного моделирования еще недавно являлись программные пакеты зарубежной разработки. В процессе импортозамещения ситуация изменилась. При описании вопросов комплексного технологического моделирования мы более подробно остановимся на использовании Бюро ESG следующих импортозамещающих средств:
- САПР PlantLinker (разработка компании «Плант-Линкер») — предназначена для проектирования сложных технологических установок, вплоть до

выпуска проектной и рабочей документации. Кроме того, САПР PlantLinker позволяет восстанавливать модели существующих технологических установок на основе сканированных облаков точек;

- технология создания СУИД «Плант-Навигатор» (разработка компании Бюро ESG) на платформе IPS Search — обеспечивает переход на импортозамещающее программное обеспечение, миграцию данных из существующих СУИД и разработку новых СУИД технологических установок;
- вьювер PlantViewer 3D (разработка компании «Плант-Линкер»), тесно интегрированный с IPS Search, — обеспечивает визуализацию и навигацию по огромным моделям технологических установок в формате IFC, сравнение версий моделей, сравнение с облаками точек;
- вьювер PlantViewer 2D (разработка компании «Плант-Линкер»), также тесно интегрированный с IPS Search, — обеспечивает визуализацию интеллектуальных схем (технологических, электрических, схем КИП и изометрических чертежей) и навигацию по ним.

В наших предыдущих публикациях, описывая перечисленные средства, мы делали акцент на их функционале. Говоря же о результатах работы — информационной модели (ИМ) и технологиях ее создания, мы утверждали, что это отдельная и большая тема. Аспектам создания ИМ, в том числе с использованием перечисленных инструментов, и посвящен данный материал. Более подробно вопросы технологии моделирования с применением этих средств рассмотрены ниже.

Основная задача информационного моделирования

Постараемся сформулировать основную задачу информационного моделирования, во всяком случае, в рассматриваемой нами области.

Основная задача информационного моделирования — создание из существующих источников ИД контента СУИД — ИМ с использованием оптимальных технологий, в представлениях и форматах наиболее удобных для пользователей с учетом целесообразности применения тех или иных технологий информационного моделирования в конкретном случае.

Совершенно не значит, что ИМ должна быть построена только с применением одной технологии и быть представлена, например, в виде трехмерной

модели. Более того, наоборот, наш опыт показывает, что 3D-центричные модели для объектов с непрерывным технологическим циклом в подавляющем большинстве случаев не применимы. Это связано с тем, что объем ИД велик и далеко не всеми ими целесообразно «обвязывать» 3D-модель, ставя ее «в центр» всей ИМ. Как правило, необходима «внешняя» для 3D-модели среда, которая объединяет ИД из различных источников в разных, далеко не только 3D-представлениях. Иными словами, повторяя тезис предыдущих публикаций, отметим, что ИМ для объекта с непрерывным технологическим циклом с учетом реальностей датацентрична.

О разнородности ИД для моделирования

В наших публикациях мы довольно подробно освещали вопрос разнородности ИД для моделирования. Сейчас лишь кратко напомним, какие основные ИД и из каких источников используются при создании ИМ:

- геометрия и координаты, содержащиеся в 3D-моделях объектов, систем, оборудования, коммуникаций;
- ИД из технологических, электрических, КИПиА схем — результатов работы в соответствующих САПР;
- ИД, содержащиеся в проектной, рабочей и исполнительной документации на объект;
- ИД, содержащиеся в паспортах оборудования, регламентах обслуживания и эксплуатации;
- ИД, содержащиеся в электронном генплане в части, касающейся эксплуатации объекта, прежде всего связанные с подземными коммуникациями;
- ИД, содержащиеся в прочей документации по объекту;
- геометрические размеры, привязки к координатам, получаемые в процессе обработки облаков точек — результатов лазерного сканирования;
- ИД, получаемые из прочих источников и влияющие на решение основной задачи СУИД — исключение риска несения убытков в результате внепланового простоя (выхода из строя) той или иной составляющей объекта с непрерывным производственным циклом.

О различных представлениях ИД в ИМ

Опыт показывает, что важным и востребованным (но далеко не единственным) представлением ИД — срезом информации для объектов с непрерывной технологией, в том числе и в датацентричной СУИД, является их представление в виде 3D-моделей. Достаточно часто, когда кто-то говорит об информационной модели,

у большого количества слушателей возникает ассоциация именно с 3D-представлением. Повторим, что в датацентричной модели такое представление далеко не единственное и не всегда ключевое. В статье мы постараемся описать основные технологии информационного моделирования, которые на практике применяются Бюро ESG. Эти технологии включают отнюдь не только создание 3D-моделей. В датацентричной ИМ используется представление информации в виде интеллектуальных технологических (P&ID), электрических, КИПиА схем, изометрических чертежей, документов, информационная часть которых может содержаться как в структурированных, так и неструктурированных форматах. ИД могут содержать справочники, например, оборудования, логические структуры-графы (иерархии и паутины, каждый узел которых содержит ИД).

Отметим, что для создания ИМ недостаточно подготовить ИД и загрузить их в СУИД для получения того или иного представления. Перед тем как говорить о технологии создания различных представлений ИД в ИМ, стоит более подробно остановиться на технологии разметки ИМ — тегировании, позволяющей связать ИД датацентричной модели, представленные с использованием различных технологий.

О тегировании информации ИМ

Мы уже сказали о том, что ИД в ИМ представлены разными способами и в различных срезах. Все срезы и представления ИД в единой ИМ должны иметь связи. Это

| Идентификатор ... | Заголовок объекта ▲ |
|-------------------|--|
| 1913092 | 00SCA20BQ001, Design Pipe Assembly |
| 1913068 | 00SCA20BQ002, Design Pipe Assembly |
| 1913090 | 00SCA20BQ003, Design Pipe Assembly |
| 1913070 | 00SCA20BQ004, Design Pipe Assembly |
| 1913088 | 00SCA20BQ005, Design Pipe Assembly |
| 1913072 | 00SCA20BQ006, Design Pipe Assembly |
| 1913102 | 00SCA20BQ007, Design Pipe Assembly |
| 1913042 | 00SCA20BQ008, Design Pipe Assembly |
| 1913098 | 00SCA20BQ009, Design Pipe Assembly |
| 1913046 | 00SCA20BQ010, Design Pipe Assembly |
| 1912170 | 00SCA20BQ011, Опоры прямых участков (угл. сталь) |
| 1913082 | 00SCA20BQ011, Design Pipe Assembly |

Рис. 1. Справочник оборудования (элементы трубопроводов) объекта энергетики

необходимо для работы разных категорий пользователей, выполняющих всевозможные задачи. Например, при обслуживании или замене единицы оборудования в процессе эксплуатации для одной категории пользователей ИМ важно расположение оборудования на технологической P&ID-схеме, для другой — его геометрические размеры и положение в пространстве, для третьей — схемы электропитания, для четвертой — подключение КИПиА, для пятой — подключение межцеховых коммуникаций, отображенных на генплане... Для создания единого информационного пространства одна и та же информационная единица ИМ (например, оборудование), отображенная в различных представлениях, должна содержать уникальный идентификатор.

СУИД же должна позволять переходить между разными срезами ИД. Для этого информация разных срезов ИМ должна быть размечена, тегирована. Это решается путем использования уникального идентификатора, который как раз и позволяет, во-первых, представить, например, единицу оборудования в различных информационных сре-

зах, а во-вторых — осуществлять переход между такими срезами, получая весь набор ИД. Суть подобного перехода в том, что, «войдя» в ИМ через одно представление ИД, например 3D-модель, при необходимости перехода, к другому представлению, делается запрос по уникальному идентификатору. Результат запроса — та же единица оборудования, но уже в другом представлении, например, карточка того же оборудования в структуре технологической установки или УГО оборудования на технологической P&ID-схеме.

Во всех отраслях функционирования предприятий с непрерывным технологическим циклом при создании СУИД используется тегирование. Например, для нефтеперерабатывающих предприятий уникальный идентификатор, выполняющий описанную задачу, так и называется — тег. В области же атомной энергетики в роли такого идентификатора выступает код KKS (от нем. Kraftwerk Kennzeichen System) — код системы маркировки для электростанций. Рис. 1 иллюстрирует WEB-интерфейс СУИД «Плант-Навигатор» со справочником оборудования объекта

энергетики. Каждая запись имеет набор атрибутов, один из которых — код KKS.

Процесс тегирования при создании ИМ существенно зависит от состава и форматов исходных данных. В идеальном случае, когда исходные ИД содержатся в электронном виде и унаследованы на стадии эксплуатации от предыдущих стадий жизненного цикла объекта, задача тегирования несколько упрощается. Решение может быть максимально автоматизировано. В этом случае уникальные коды, применяемые при проектировании, строительстве и обслуживании, содержат результаты работы в САПР, а также ERP и прочие информационные системы, электронные ведомости, спецификации, схемы, БД и файлы структурированных форматов.

Необходимо лишь подготовить данные того или иного среза информации для вывода их в ИМ, верифицировать их, загрузить в единую среду и установить связи в ИМ. В последнее время у ведущих в области информационного моделирования отечественных компаний вопросы тегирования ИД для построения ИМ, даже для стадии эксплуатации, проработаны еще на этапе проектирования. Такие компании разрабатывают регламенты-требования к результатам проектирования, которые обязан выполнять проектант. Эти требования включают не просто описание вида и формата результатов проектирования, но и наличие тегирования информации. Выполнение регламента проверяется в процессе приемки результатов проектирования от проектанта.

Здесь нами описан идеальный случай. Возможны и прочие решения для проведения тегирования. Так, если исходными данными для 3D-среза ИД в ИМ являются облака точек, то при комплексном технологическом моделировании, описанном ниже, часть работ по разметке 3D-модели наименее автоматизирована. Есть и другая крайность. Например, при использовании средств и технологии PlantLinker, если на ее входе 3D-модели, компоненты которых содержат уникальные коды-теги, возможно следующее:

- данные 3D-моделей из разнородных САПР компонентами PlantLinker преобразуются в структурированный формат XML и формат IFC;
- после верификации выходных для PlantLinker форматов производится их загрузка в СУИД с автоматизированным построением связей в рамках ИМ по уникальному идентификатору.

Иными словами, устанавливаются связи между компонентами в 3D-представлении ИМ и теми же компонентами в других представлениях.

Для тегирования используется ряд технологий, реализующих поиск тегов в контенте файлов — информационных частей электронных документов форматов DWG, DOC, PDF. Теги обнаруживаются в тексте документа, загружаемого в среду СУИД, с последующим построением связей по найденным тегам, например единиц оборудования с документами и чертежами. Отметим, что подобные технологии наиболее удобно применимы для форматов файлов, контент которых структурирован. Для неструктурированных форматов также существуют инструменты и подходы, но они требуют более сложных механизмов реализации. В качестве примера одного из таких механизмов приведем функционал распознавания растров для поиска тегов.

Примером наиболее эффективно реализованной технологии тегирования можно привести технологию SDX компании Intergraph (Hexagon). Она представляет собой унифицированное средство поиска тегов и расстановки связей. Что же касается отечественного продукта такого уровня, то подобное универсальное программное средство у нас отсутствует. Бюро ESG обладает навыками решения задачи автоматизации тегирования для конкретных случаев с использованием программирования, API средств разработки документов и API СУИД «Плант-Навигатор».

Использование в ИМ ИД, содержащихся в справочниках, классификаторах предприятий, в структурированных и неструктурированных файлах различных форматов

Акцентируем внимание на следующих классах ИД:

1. ИД справочников и классификаторов, например оборудования, типов и разделов, составляющих технологических объектов, проектных документов (ПД), рабочей (РД), исполнительной (ИД) и эксплуатационной (ЭД) документации.
2. ИД, содержащиеся в структурированных файлах (например, в табличных форматах — ведомостях и спецификациях).
3. ИД, содержащиеся в неструктурированных файлах (например, полученных при сканировании бумажной документации).

Рассмотрим все три группы ИД. Первая из них — ИД справочников — важна для включения ИМ в единую информационную среду предприятия/корпорации. Опыт нашей компании показывает следующее:

- создание справочников и классификаторов не только возможно, но и необходимо. Чаще всего в СУИД справочники импортируются из внешних БД или промежуточных табличных форматов. Для этого используются механизмы СУИД. Например, встроенные в СУИД «Плант-Навигатор» разработки Бюро ESG и/или доработанные с использованием API программы-загрузчика. В любом случае алгоритм работы механизма загрузки одинаков: из СУИД осуществляется подключение к источнику (БД, табличному формату, корпоративному справочнику...), и в соответствующем разделе БД СУИД в пакетном режиме создается набор карточек, например единиц оборудования с набором параметров-ИД. Пример справочника в пользовательском интерфейсе СУИД «Плант-Навигатор» приведен на рис. 1;
- как правило, разовой загрузки корпоративных справочников и классификаторов недостаточно. В едином информационном пространстве требуется дальнейшая синхронизация загруженных ИД с мастер-системой — источником ИД. Для этого в СУИД «Плант-Навигатор», например, используется разработанный Бюро ESG интерфейс, синхронизирующий в необходимом объеме по необходимым алгоритмам корпоративные справочники ЕСУ НСИ со справочниками СУИД.

Остановимся на второй группе ИД, получаемых в процессе информационного моделирования из файлов структурированных форматов — ведомостей, спецификаций, экспликаций. Примером использования таких ИД является построение сложных иерархических и паутинообразных структур ИД для объектов с непрерывным технологическим циклом в датацентричных ИМ. Например, в СУИД «Плант-Навигатор» для построения узлов таких структур зачастую достаточно функционала встроенных средств загрузки и существующих программных интерфейсов.

Такие модули позволяют «извлекать» необходимые ИД из структурированных форматов, например из ведомостей, спецификаций, экспликаций в форматах XML, XLS и других, с последующей их загрузкой ИД в ИМ. Иногда стандартных средств загрузки узлов иерархий и «паутин» недостаточно, необходимо, на-

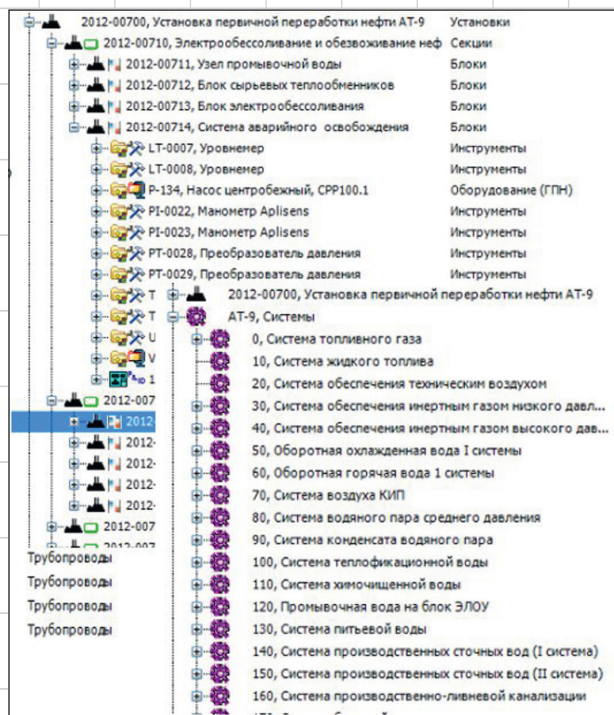


Рис. 2. Структуры установки в разрезах узлов и систем

пример, построение сложных связей между этими узлами. В таких случаях требуется дополнительная алгоритмизация. В СУИД «Плант-Навигатор» задача решена — разработаны специальные плагины, позволяющие осуществлять построение сложных структур технологических объектов в автоматизированном режиме. При такой работе осуществляется построение иерархий объекта с точки зрения строительства и эксплуатации (они разные!) и построение «паутиных» связей между узлами этих иерархий.

Кроме того, часть атрибутики и часть узлов берется из справочников, например, оборудования. А само наличие справочников позволяет исключить ошибки при вводе, например, атрибутов или единиц оборудования и проводить верификацию при загрузке ИД в СУИД. Рис. 2 иллюстрирует импортированную пакетно в СУИД «Плант-Навигатор» структуру установки в разрезе узлов и систем. Каждый узел структуры содержит ИД — параметры, а также связи со справочниками, документами, интеллектуальными схемами, трехмерными моделями — контентом ИМ.

Теперь поговорим о третьей группе ИД, используемых при построении ИМ, — об ИД, содержащихся в неструктурированных форматах. Часть ИД содержится, например, в образах документов, получен-

ных в процессе сканирования. Наш опыт показывает, что в подавляющем большинстве случаев процесс «извлечения» ИД из сканированного образа нецелесообразен и экономически не оправдан. В связи с этим содержательная часть электронного документа в СУИД, полученного в процессе сканирования, может рассматриваться как единый и неделимый «контейнер», содержащий набор ИД. При необходимости доступа к контенту такого «контейнера» достаточно открыть сканированный образ в средстве просмотра. «Извлечение» отдельных ИД целесообразно автоматизировать далеко не во всех случаях. Если такая необходимость все же возникает, то это ведет к усложнению механизмов формирования ИМ.

Для подготовки к загрузке и для загрузки ИД описываемой группы используется ряд механизмов. Например, довольно часто мы сталкиваемся с тем, что при сканировании бумажных документов на подавляющем большинстве предприятий в файловой системе серверов, как правило, формировались массивы, повторяющие по структуре и наименованиям структуру документации. Так, например, достаточно часто мы видим, что для рабочей документации в файловых хранилищах имена каталогов файловой системы содержат названия проектов и марок, а имена файлов — основное обозначение документов. Используя такие структуры и наименования каталогов и файлов, при импорте документов в СУИД из файловой системы можно создавать иерархические структуры, карточки проектов, комплектов и документов.

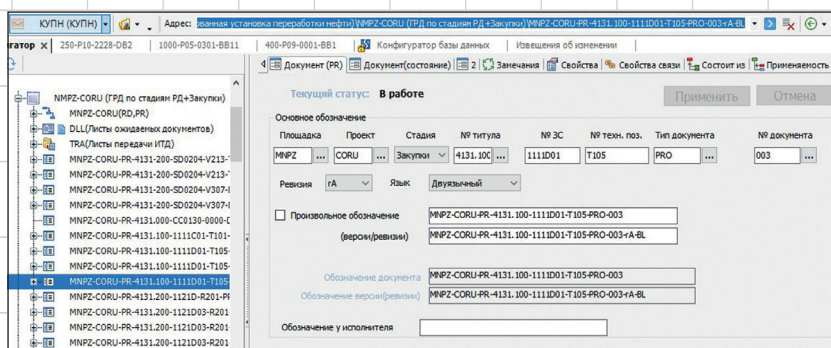


Рис. 3. Массив загруженных в СУИД документов

При этом, используя наименования каталогов и файлов, а также сравнительно несложные алгоритмы их разбора, можно заполнять атрибуты, а сами файлы записывать в БД СУИД «под карточку». К сожалению, в большинстве случаев обойтись стандартным средством невозможно и часто приходится писать дополнительное приложение-загрузчик, учитывающее необходимую алгоритмизацию разбора структур и имен их узлов, а также проведение проверок и формирование отчетов при работе загрузчика. Бюро ESG имеет опыт таких работ по импорту в СУИД «Плант-Навигатор» больших массивов документов.

Другим путем наполнения ИМ инженерными данными, содержащимися в документах, является использование загрузочных листов, описей, транзителов, передаваемых, например, проектантом предприятию-заказчику. В этом случае в СУИД автоматизировано, в пакетном режиме создаются структуры данных, электронные карточки, заполняется атрибутивная часть электронных документов (которая содержится в контенте описей, загрузочных листов) и в БД записываются файлы. Для реализации такого способа наполнения ИМ в ряде случаев хватает

стандартных средств СУИД. В других ситуациях требуется сравнительно несложная алгоритмизация и написание программного кода для программы-загрузчика, в чем Бюро ESG имеет практический опыт. Рис. 3 иллюстрирует пользовательский интерфейс СУИД «Плант-Навигатор» при просмотре загруженного пакетно в БД массива документов.

Работа с интеллектуальными схемами

Остановимся на вопросе использования так называемых интеллектуальных схем в СУИД. Прежде всего поясним, что такое интеллектуальные схемы и чем они отличаются от прочих. Известно, что для объектов с непрерывным технологическим циклом существует отдельный тип документов. Это схемы, где в виде условных графических обозначений (УГО) объект или его часть представлена с точки зрения технологии работы оборудования, элементов электрики или контрольно-измерительных приборов. Такими схемами могут быть технологические Р&ID, электрические, КИПиА схемы. Каждое УГО на схеме связано с конкретной единицей технологического, электрического или КИПиА оборудо-

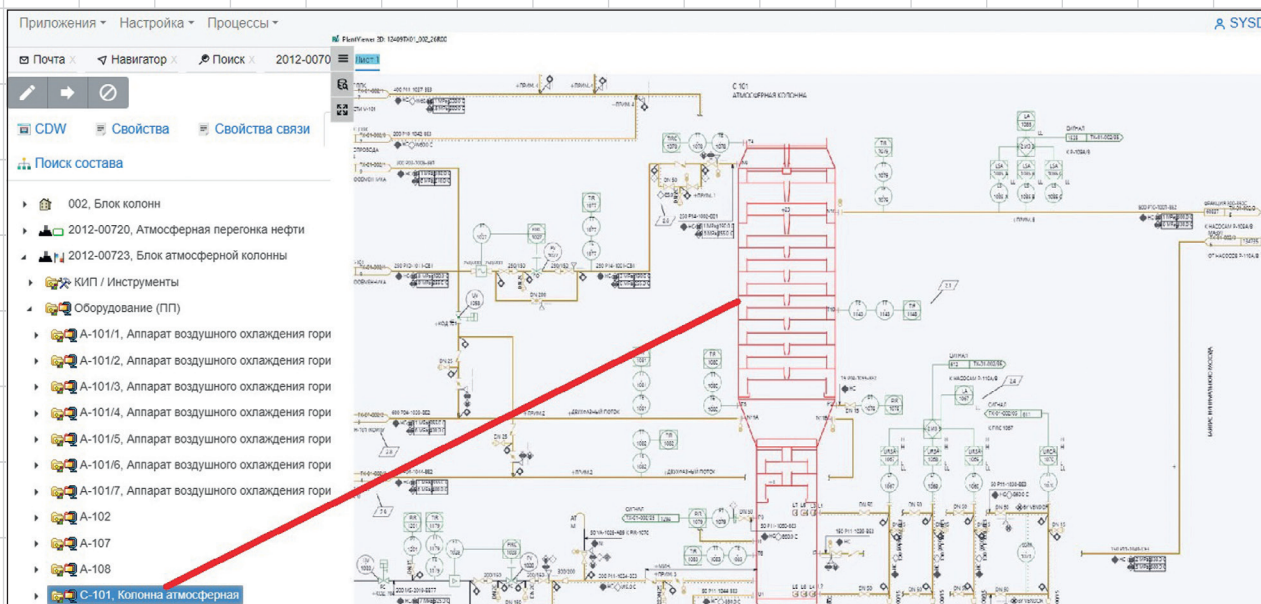


Рис. 4. Связь контента интеллектуальной технологической P&ID-схемы (атмосферная колонна С-101) с информационным объектом БД СУИД «Плант-Навигатор»

вания. Основное свойство таких схем, делающее их интеллектуальными, заключается не в том, что в БД СУИД может быть записан файл схемы, имеющий карточку с параметрами. Главная особенность интеллектуальной схемы в том, что каждое УГО в контенте имеет связь с БД СУИД.

Такой связью может быть связь УГО, например, с единицей оборудования из справочника, скажем, с насосом, клапаном, электрическим автоматом, щитом или контрольно-измерительным прибором. Часто необходима связь составных структур контента интеллектуальной схемы с набором электронных карточек, содержащих параметры-ИД всех входящих в структуру элементов, например связь трубопровода или его участка на схеме с набором карточек всех входящих клапанов, вентилей и прочих составляющих. Единица оборудования, в свою очередь, имеет набор ИД-параметров, связи с документами, прочими ИД и связи с трехмерным представлением этого оборудования в 3D-модели. Иными словами, если мы говорим об интеллектуальной схеме, речь вовсе не идет о «неделимом контейнере», содержащем ИД, подобно, например, документу, полученному при сканировании бумаги. Контент интеллектуальной схемы разбит на области, например УГО, каждое из которых имеет связь с БД СУИД.

Бюро ESG имеет опыт создания интеллектуальных схем с последующей их записью в СУИД. В качестве

примера приведем работу с интеллектуальными схемами, полученными из исходных данных проектирования в соответствующих пакетах компании Hexagon (Intergraph). Поясним актуальность вопроса. С одной стороны, несмотря на процесс импортозамещения, огромное количество современных эксплуатируемых объектов с непрерывным технологическим циклом проектировались именно с использованием САПР Hexagon (Intergraph). С другой стороны, в наших публикациях мы неоднократно подчеркивали, что акцент использования технологии СУИД делается на стадию эксплуатации, где возможны наибольшие экономические потери, связанные с простоями производства. В связи со всем этим, как правило, для построения СУИД эксплуатируемых предприятий неизбежно представление исходных данных в форматах САПР Hexagon (Intergraph).

Компания Бюро ESG обладает набором технологий, позволяющим:

- получить «размеченные» интеллектуальные схемы из исходных данных САПР, например Hexagon (Intergraph);
- произвести автоматизированную запись файлов интеллектуальных схем (формат SVG) в БД СУИД, например «Плант-Навигатор», с формированием карточки и заполнением атрибутивных параметров. При этом используются описанные выше механизмы записи документов;

Система Управления Инженерными Данными

PlantNavigator

Создана на платформе IPS и системе визуализации PlantViewer 2D и 3D

Первая отечественная
СУИД на Linux



СДЕЛАНО



В РОССИИ

ИНФОРМАЦИОННОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРЕДПРИЯТИЙ
НЕПРЕРЫВНОГО
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦИКЛА

PlantLinker

САПР PlantLinker — проектирование
и 3D-моделирование сложных
технологических установок



www.esg.spb.ru
www.icad.spb.ru
www.plantlinker.ru

8-812-3 091-091

• автоматизированно создать в БД СУИД связь с элементами контента схем и структурами (например, связь УГО оборудования с его карточкой из справочника). Такая связь формируется, как правило, по уникальному атрибуту, содержащемуся в интеллектуальной схеме и в справочнике. Например, в области создания СУИД технологических установок нефтепереработки таким атрибутом является уникальный тег оборудования, в области же атомной энергетики — уникальный код KKS.

Все перечисленные функции максимально автоматизированы и используют как встроенные модули СУИД «Плант-Навигатор», так и специально разработанные Бюро ESG приложения. Рис. 4 иллюстрирует интеллектуальную технологическую P&ID-схему в среде СУИД «Плант-Навигатор». Каждый элемент имеет связь с БД. Для просмотра интеллектуальной схемы применяется специальное средство нашей разработки — ПО PlantViewer, который кроме просмотра графики позволяет осуществить переход от элемента интеллектуальной схемы к его карточке с ИД, хранящимися в БД ПО IPS Search. Оба средства — PlantViewer и IPS Search — являются составляющими СУИД «Плант-Навигатор», неоднократно описанной в наших публикациях.

Отметим, что подобный механизм перехода от элемента графики к его ИД, хранящимся в БД, реализован и при работе с трехмерными моделями. Функционалы программных продуктов PlantViewer 2D и PlantViewer 3D в составе СУИД «Плант-Навигатор» подробно описывались в наших предыдущих публикациях.

О моделировании 3D и технологических схем P&ID речь пойдет во второй части статьи. В ней будут описаны технологии верификации и загрузки ИД в единую среду СУИД, а также технологии комплексного моделирования Бюро ESG с учетом реального опыта и возможностей использования импортозамещающих средств, включающие:

- 3D-моделирование строительных конструкций;
- 3D-моделирование технологической части;
- моделирование технологических схем P&ID;
- создание электронного генплана установки.

Список литературы:

1. Тучков А.А. Инструменты информационного моделирования сложных технологических устано-

вок — САПР PlantLinker, СУИД PlantNavigator // Isicad, июль 2023.

2. Попов К.В., Тучков А.А., Фертман И.Б. САПР технологических установок PlantLinker // САПР и графика. 2023. № 4.
3. Рындин А.А., Тучков А.А., Фертман И.Б., Хабаров А.В. Об опыте построения систем управления инженерными данными для объектов с непрерывным технологическим циклом // САПР и графика. 2022. № 6, № 7.
4. Рындин А.А., Чиковская И.Н., Кириллова М.Г., Голованов Д.В. Информационное моделирование предприятий с дискретным типом производства // САПР и графика. 2023. № 7.
5. Макеев С.М., Рындин А.А., Тучков А.А. Информационное моделирование производственной инфраструктуры судостроительного предприятия // REM. 2019. № 3.
6. Середохо В.А., Макеев С.М. Проект «Цифровая верфь». Создание экосистемы для цифрового производства // Инновации. 2019. № 9 (251).
7. Рындин А.А., Тучков А.А. Системы управления проектными данными в области промышленного и гражданского строительства: наш опыт и понимание // САПР и графика. 2013. № 2.
8. Чиковская И.Н. Внедрение BIM — опыт, сценарии, ошибки, выводы // САПР и графика. 2013. № 8.
9. Тучков А.А., Рындин А.А. О путях создания систем управления инженерными данными // САПР и графика. 2014. № 2.
10. Фертман И.Б., Хабаров А.В. Управление инженерными данными объектов нефтегазопереработки в Австралии. Опыт и технологии // САПР и графика. 2015. № 9.
11. Комаров Р., Смирнов А., Михайлов М., Щукин К., Хабаров А. Реализация информационной модели объекта нефтепереработки на платформе Intergraph // САПР и графика. 2017. № 8.
12. Белевцев А. «Газпром нефть» защитила патентом собственную систему управления инженерными данными // Сайт Национальной ассоциации нефтегазового сервиса <https://nangs.org/news/it/gazprom-nefty-zashtitila-patentom-sobstvennuyu-sistemu-upravleniya-inzhenernymi-dannymi>.
13. «Газпром нефть» оснастила НПЗ собственной системой управления инженерными данными // Сайт CNews. https://www.cnews.ru/news/top/2020-10-28_gazprom_neft_osnastila. ▀