

Информационное моделирование
предприятий с дискретным производством



Информационная модель — основа
для создания цифрового двойника
производственного предприятия

Опыт создания цифровой
производственной инфраструктуры

PlantLinker

Проектирование
и 3D-моделирование
технологических установок

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

Группа компаний «САПР-Петербург»



8-812-3 091-091

Информационное моделирование предприятий с дискретным типом производства

Алексей Рындин, Ирина Чиковская, Марина Кириллова, Дмитрий Голованов

Вводная часть

Мы уже неоднократно описывали существующие технологии информационной поддержки ЖЦ изделий и объектов: PLM, BIM, СУИД. В наших публикациях подчеркивались различные акценты применения этих технологий при создании цифровых информационных моделей (далее ЦИМ), связанные с решением задач на тех или иных стадиях жизненного цикла объектов (далее ЖЦ). Например, технология BIM акцентирована на снижении стоимости строительства, в основном за счет исправления ошибок, которые могли быть обнаружены при проектировании, выявления и устранения коллизий и, как следствие, — исключения возникающих дополнительных затрат при строительстве. Основная цель BIM — достижение максимального соответствия затрат на строительство объекта затратам, запланированным на стадии его проектирования. Если говорить о технологии PLM, то основной ее акцент направлен на управление конфигурациями. Раскрывая тему информационного моделирования промышленных объектов, в наших публикациях мы в основном говорили о технологии СУИД (система управления инженерными данными). Ее результат — ЦИМ предприятий со сложным непрерывным технологическим циклом: объектов нефтегазовой и химической отраслей, атомной, тепловой и гидроэнергетики, металлургических и фармацевтических предприятий. Основным акцент использования такой ЦИМ — исключение убытков и минимизация затрат на стадии эксплуатации.

В рамках данной статьи мы попытаемся осветить тему создания ЦИМ для предприятий с дискретным производством. На первый взгляд, ЦИМ для таких объектов по назначению, составу, используемым для моделирования технологиям и средствам должна быть подобна ЦИМ, создаваемой для предприятий с непрерывным технологическим циклом. С одной сто-



Алексей Рындин,
заместитель директора
Бюро ESG



Ирина Чиковская,
советник директора
Бюро ESG



Марина Кириллова,
начальник отдела
внедрения САПР
в ПГС Бюро ESG



Дмитрий Голованов,
ведущий программист
Бюро ESG

роны, в основных аспектах это так. С другой стороны, существуют ключевые причины, побудившие изложить в этой статье наше видение и опыт. Вот они:

- ЦИМ для объектов с дискретным производством имеет ряд отличий от ЦИМ предприятий с непрерывным производством в составе, в насыщенности, в архитектуре модели, в средствах моделирования и акцентах использования;
- очень часто мы сталкиваемся с игнорированием предыдущего пункта и, как следствие, с попытками построения ЦИМ конкретного предприятия средствами, не предназначенными для решения этой

задачи. Например, в последнее время все чаще и чаще средства и технологии построения ЦИМ на основе BIM пытаются применять для сложных технологических объектов с непрерывным производством. Иногда же, наоборот, мы встречаемся с попытками создавать ЦИМ для предприятий с дискретным производством с использованием средств и технологий, предназначенных для информационного моделирования объектов с непрерывным производством. Иногда же для предприятий дискретного производства используют лишь BIM-средства, в том числе и для моделирования, например, технологических разделов. Подобные подходы, несомненно, кроме положительного результата — создания ЦИМ имеют и отрицательный, заключающийся в том, что такая информационная модель не в полном объеме выполняет задачи предприятия, успешно решаемые при других подходах к моделированию и его выполнению совершенно другими средствами.

Некоторые отличия информационных моделей для различных типов производств

Акценты использования ЦИМ

В наших публикациях мы уже неоднократно говорили о том, что основные акценты в использовании ЦИМ определяются прежде всего экономикой: исключением ситуаций, где возможны наиболее существенные финансовые риски,

или решением задач, при которых применение ЦИМ обеспечивает наиболее ощутимый экономический эффект. Так, для непрерывных сложных технологических производств наиболее ощутимые финансовые потери могут возникать на стадии ЖЦ эксплуатации. Такие потери возникают при выходе из строя оборудования, при внеплановых простоях и при недостаточно оптимизированных ТОиР.

Для предприятий с дискретным производством ЦИМ может принести эффект не только при эксплуатации оборудования (сокращение времени простоев, оптимизация ТОиР), но при использовании информации ЦИМ и ее некоторого функционала в производственных процессах. Опыт Бюро ESG говорит о том, что, например, в производственных процессах судостроения важны данные о параметрах оборудования, его загрузке, информация о зонах доступа, об оборудовании мобильных рабочих мест, о возможности перемещения в пространстве цеха изделий, оборудования и материалов. Часть задач, выполняемых ЦИМ предприятий с дискретным производством, может быть решена, например, с применением визуализации в 3D-пространстве пользовательского интерфейса ЦИМ.

Приведем еще один пример использования ЦИМ на предприятиях с дискретным производством. На объектах с непрерывным технологическим циклом нашли широкое применение системы, отображающие реальное состояние оборудования и техпроцессов в онлайн-режиме. Такие системы, с одной стороны, как правило, просто не востребованы и избыточны для

предприятий с дискретным производством. С другой стороны, на них требуется контролировать состояние производства и в части перемещения изделий, оборудования и материалов. Важно иметь информацию о загрузке и ресурсах оборудования в упрощенном виде, например с применением цветовой дифференциации применяемого оборудования в 3D-пространстве. В связи со спецификой дискретных производств при таком отображении отсутствует необходимость использования режима реального времени. Поэтому информация в 3D-пространстве меняется дискретно и подобный функционал вполне успешно выполним в пользовательском 3D-интерфейсе ЦИМ.

Таким образом, ЦИМ предприятий с дискретным производством является частью единого информационного пространства предприятия и участвует в решении не только задач эксплуатации, но и задач производства. Производственные задачи решаются соответствующими подразделениями и специализированными системами, ЦИМ же предоставляет необходимую информацию для решения и позволяет в пользовательском 3D-интерфейсе визуализировать некоторые процессы.

Учет и использование далеко не всех перечисленных особенностей и возможностей применения ЦИМ предприятий с дискретным производством позволяет использовать информационные модели при решении очень специфичных производственных задач. Одной из таких задач является, например, стапельное расписание в судостроении. Несомненно, ЦИМ во все не решает задачу полностью,

но предоставляет свои данные и функционал для ее решения, занимая свою нишу в Цифровом двойнике предприятия.

О месте ЦИМ в Цифровом двойнике

ЦИМ для предприятий с дискретным производством может быть в большей степени, чем ЦИМ объекта с непрерывным технологическим циклом, связана с другой частью Цифрового двойника — математической моделью (системами имитационного моделирования, технологическими системами...). Математическая модель при непрерывном производстве «более жестко» привязана к оборудованию — технологической установке, которая никуда не перемещается, имеет набор технических устройств, систем, работающих в том или ином режиме. К тому же, технологическая установка стоит на месте, а продукт производства перемещается в рамках техпроцесса по строго определенным путям. Для предприятий с дискретным производством всё несколько иначе. Например, для решения различных задач используется различное оборудование. При этом допустимо, что при оптимизации его загрузки различное, но «пересекающееся» по функционалу оборудование может применяться в производстве совершенно идентичных частей изделия. Очень важна оптимизация перемещений оборудования и изделий в производственном пространстве. Возможно оборудование передвижных рабочих мест.

Иногда ЦИМ предприятий с дискретным производством называют цифровой производственной

инфраструктурой (ЦПИ). Далее в статье, приводя термин ЦПИ, мы будем говорить о цифровой модели именно для этой ниши производств.

Немалая часть необходимой информации для решения производственных задач таких предприятий содержится в ЦПИ. Поэтому, кроме необходимости обмена данными информационной модели с системами ТОИР, ERP и прочими, применяемыми в том числе и при автоматизации непрерывного производства (эксплуатация и обслуживание оборудования), для дискретного производства возможна и полезна организация взаимодействия ЦПИ с производственными системами, например технологическими системами имитационного моделирования и прочими (производство изделий).

Особенности архитектуры и состава ЦПИ

ЦИМ непрерывных производств, как правило, датацентричны. Это связано с объемом данных, их представлением и контентом информационной модели. Технологическая установка непрерывного производства физически более насыщена. Например, налицо большой объем трубопроводов. Велик объем информации и данных, выходящих за рамки 3D-моделей — параметров, документов, результатов работы в двумерных САПР, которые не только удобно хранить в отдельной БД, но и невозможно хранить в 3D-модели. Кроме того, важным разделом данных ЦИМ для предприятия непрерывного производства являются данные интеллекту-

альных схем. Например, каждый элемент в 3D-пространстве модели для объекта с непрерывной технологией связан с его местом на технологической (P&ID), электрической или КИПиА схеме, или на изометрическом чертеже. Об интеллектуальных схемах в составе ЦИМ, как об обязательных их компонентах, мы писали в своих публикациях о СУИД — технологии моделирования для производств с непрерывным циклом.

ЦПИ предприятий с дискретным производством имеет ряд отличий. Объем данных такой модели сравнительно меньше, чем для ЦИМ объекта с непрерывным производством. Модель менее насыщена. В ЦПИ для дискретных производств, как правило, отсутствует необходимость в интеллектуальных схемах. В случае же их востребованности объем таких данных крайне невелик. В связи с этим, ЦПИ таких предприятий с учетом существующих средств и технологий в подавляющем числе случаев 3D-центрична. Хранение данных в ней может быть организовано как непосредственно в 3D-модели, так и во внешних БД. 3D-модель в любом случае является «центром системы» (отсюда и термин «3D-центричность») — навигация, получение данных и другая работа производится непосредственно из 3D-графики.

Кратко остановимся на вопросе «облегчения» моделей. Важно то, что в ЦПИ предприятий с дискретным производством, в отличие от ЦИМ непрерывных производств, оборудование вполне достаточно приводить в «облегченном» варианте. Например, для решения задач ЦПИ станку важно иметь

лишь внешние контуры, геометрические размеры, расположение в пространстве и, конечно, набор эксплуатационных и производственных параметров. При этом «внутренний состав» станка в 3D-модели для решения задач ЦПИ не нужен, что опять же предполагает использование соответствующих средств и технологий.

Заметим, что в связи с изложенными особенностями и отличиями инструменты создания ЦПИ предприятий с дискретным производством отличаются от средств информационного моделирования непрерывных производств.

Опыт Бюро ESG

Начальный опыт моделирования

В первой части статьи мы говорили об акцентах использования ЦПИ, расставляя их на стадии эксплуатации и при производстве продукции. Отметим, что наше видение сложилось не сразу, а пришло с опытом. Первый успешный опыт применения моделирования различных объектов был приобретен Бюро ESG на стадии проектирования. При этом, с одной стороны, был получен определенный экономический эффект. Он был сравнительно ниже, чем тот, что был достигнут при использовании ЦПИ/ЦИМ на стадии ЖЦ эксплуатации и в производстве, но он был налицо. С другой стороны, даже говорить о том, что строилась полноценная информационная модель на стадии проектирования в современном понимании, было бы неверно. Несомненно, такая модель присутствовала в виде набора 2D-чертежей, документов и

| Наименование | Комплект ОБ | Комплект ВК |
|--|-------------|-------------|
| Несоответствие планов, разрезов, схем | 38 | 9 |
| Невозможность создания элементов модели | 15 | 3 |
| Несоответствие в чертежах на стыке секций | 10 | 3 |
| Нарушение заданных габаритов (несоответствие элементам из базы) | 12 | 3 |
| Расхождения с габаритами (графикой, атрибутикой) смежных отделов | 18 | 5 |
| Несоответствие чертежей и спецификаций | 5 | 1 |

Рис. 1. Численные показатели — количество выявленных несоответствий на примере одного из проектов

3D-моделей, но связь между ними осуществлялась отнюдь не в рамках единой среды, а в виде каталогов и файлов файловой системы. Часто такую связь устанавливал при работе лишь специалист-проектировщик в своей голове.

Наиболее ярким примером применения первых моделей стала работа с коллизиями. Опять же, мы не говорим об этой работе в современном понимании, когда коллизия в 3D-пространстве определяется в «ручном» или даже автоматизированном режиме, аннотируется, а затем запускается процесс ее устранения с использованием, например, подсистемы Workflow системы управления проектированием и средств редактирования 3D-моделей.

В то время наша компания начала выполнять работы по моделированию для проектных организаций. Специалисты «поднимали» 3D-модель, используя исходные данные проектанта — двумерные чертежи, результат проектирования. В объединенной 3D-модели, включающей результаты работы различных специальностей, наглядно отображались коллизии (например, пересечения систем и строительных конструкций). По ним составлялся отчет и передавался организации-проектанту. Далее на его основе

шел процесс согласований, выдачи заданий и устранения несоответствий специалистами-проектировщиками вне рамок единой среды. В результате подобных работ достигался экономический эффект за счет повышения качества рабочей документации, предоставляемой проектантом своему заказчику. Отсутствовала необходимость в дальнейших корректировках документов. Исключались ошибки, выявляемые уже при строительстве. На рис. 1 приведена часть отчета о несоответствиях, выявленных в процессе реального моделирования на стадии проектирования сравнительно небольшого объекта для двух проектных специальностей (ОБ и ВК).

Иными словами, моделирование решало тогда, увы, основную задачу технологии BIM — задачу обеспечения соответствия плановых и реальных стоимостных показателей объекта строительства, несущую наибольший экономический эффект для гражданских объектов. Несомненно, такая задача весьма актуальна и при строительстве промышленных предприятий, но основные экономические риски для этих объектов лежат все же на стадии их эксплуатации.

Подобные работы велись не только для предприятий с дискретным производством. Приве-

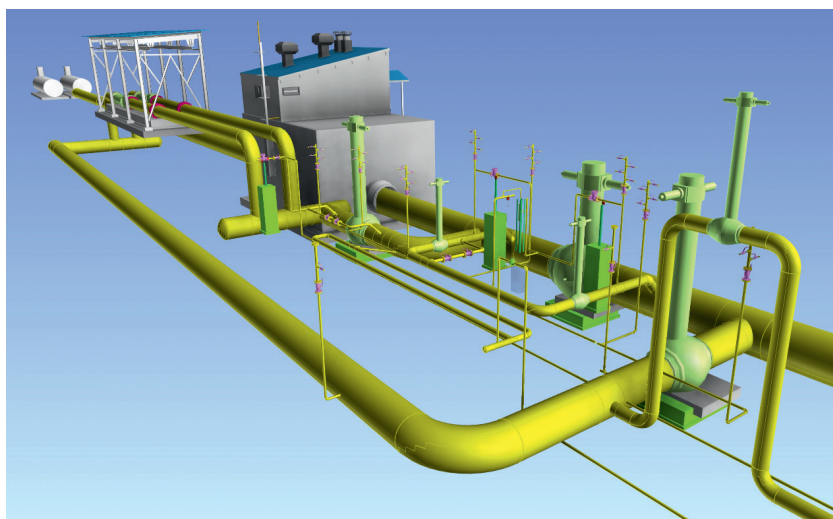


Рис. 2. Модель газоизмерительной станции

дем краткий список объектов, на стадии проектирования которых проводилось моделирование с целью выявления коллизий/несоответствий:

- крупный магистральный газопровод (компрессорные станции), рис. 2;
- метрополитены;
- сеть поликлиник;
- газотранспортная система ряда месторождений (модернизация);
- ряд машиностроительных предприятий (модернизация);
- четыре судостроительных завода (модернизация).

Отметим, что, во-первых, Бюро ESG и в настоящее время продолжает успешно проводить подобные работы, а во-вторых, в ряде случаев либо планируется доработать информационные модели для использования на последующих стадиях ЖЦ, либо они уже доработаны и успешно применяются при эксплуатации объектов и для обеспечения производства. Кратко заметим, что суть подобных доработок, во-первых, в дальнейшем наполнении ЦПИ параметрами, необходимыми на стадии ЖЦ экс-

плуатации объекта и для производства продукции. Во-вторых, для указанной стадии ЖЦ важен и новый функционал, доступный пользователям цифровой модели и отличный от востребованного на предыдущих стадиях ЖЦ.

Состав ЦПИ и инструменты создания

Состав ЦПИ

Наш опыт показывает, что картинка, которую часто изображают в виде временной диаграммы «От проектирования до утилизации», описывающей сбор и управление информацией об объекте на всех стадиях ЖЦ в электронном виде, далеко не всегда близка к реальности. Время жизни производственных объектов по сравнению с периодом появления всё новых и новых ИТ велико, поэтому говорить «о сборе данных в электронном виде на всех стадиях ЖЦ» бессмысленно. «Полная конверсия данных» — перевод всех данных, например, с физических (бумажных, микрофильмов) носителей в электронный вид — весьма затратна и экономический эффект

от такого «информационного моделирования» весьма сомнителен. С другой стороны, новые технологии производства, появление нового оборудования — причина модернизации предприятий. При этом часть производств остается неизменной, часть модернизируется с частичным или полным использованием некоторых элементов (например, корпусов цехов), а часть проектируется и строится заново. Все это, во-первых, обуславливает целесообразность создания ЦПИ при модернизации объектов, а во-вторых, определяет набор средств и технологий информационного моделирования.

Кратко остановимся лишь на основных компонентах ЦПИ с точки зрения ее архитектуры. Несомненно, такое деление обусловлено в основном наличием групп программных средств, решающих сегодня те или иные задачи. Возможно, при развитии технологий приведенный состав ЦПИ изменится. Укрупненную структуру ЦПИ иллюстрирует рис. 3.

Сегодня же в ЦПИ входят следующие основные компоненты:

- 3D-модели цехов, зданий, сооружений, включающие в себя все разделы конкретной части цифрового актива: оборудование, системы, коммуникации, конструкции, сооружения, само здание и прочие. Каждый элемент модели, кроме геометрии и привязки к координатам, имеет набор параметров, которые, как правило, хранятся во «внешней» для 3D-пространства БД. О практическом использовании 3D-пространства, его элементов и параметров будет рассказано ниже;

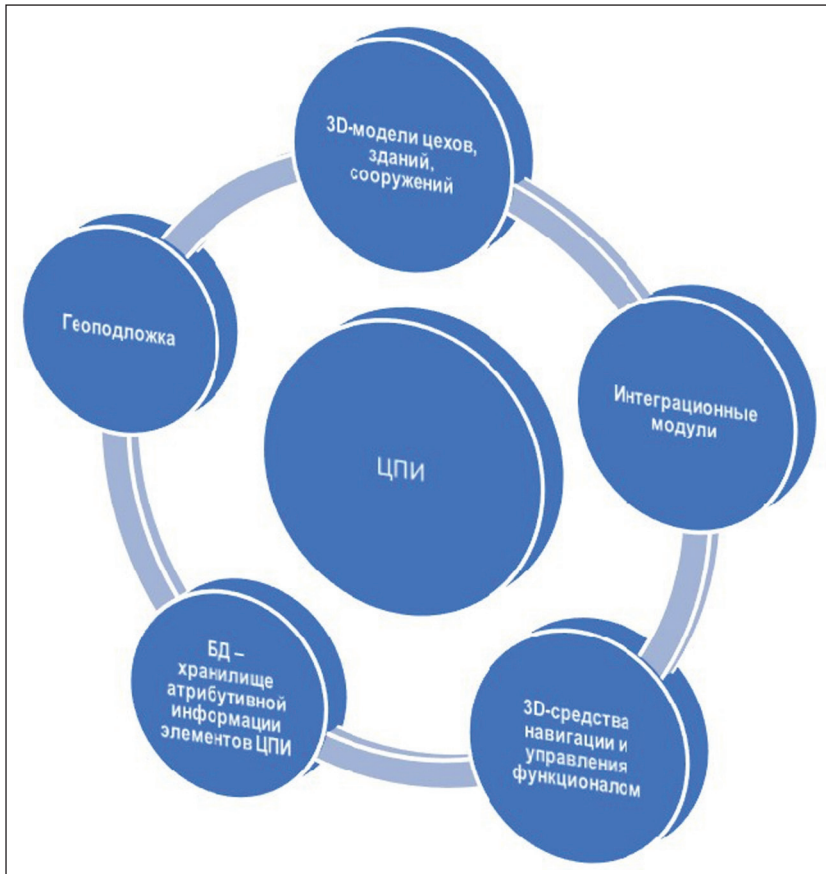


Рис. 3. Укрупненная структура ЦПИ

- «геоподложка» — результат работы в САПР: цифровая 3D-модель территории предприятия, включающая в себя соответствующие разделы, расположенные вне пространства цехов, например межцеховые коммуникации, общезаводские системы... В зависимости от объемов 3D-графики, применяемых технологий и ап-

паратных возможностей, в большинстве случаев сегодня возможна 3D-визуализация в едином пространстве всей территории с общезаводскими системами и коммуникациями, а также привязанными по координатам производственными зданиями, сооружениями, со всеми входящими в них разделами ЦПИ (рис. 4);

- средства навигации и просмотра с необходимым для работы функционалом;
- БД для хранения параметров компонентов модели и управления ими;
- интеграционные модули.

Инструменты создания ЦПИ

Исходными данными для создания ЦПИ в большинстве случаев является та или иная документация — РД, исполнительная, эксплуатационная, находящаяся в том или ином виде (бумага, сканированные образы, оригинальные форматы). В ряде случаев для некоторых частей ЦПИ существуют и две крайности: исходными данными могут служить даже 3D-модели или лишь облака точек — результаты



Рис. 4. 3D-пространство ЦПИ (здания и «геоподложка» в пользовательском интерфейсе)

лазерного сканирования. Описание опыта работы нашей компании в последней ситуации — тема отдельного большого материала. В любом случае, те или иные исходные данные так или иначе в конце концов используются средствами 3D-моделирования.

Поговорим о средствах создания 3D-моделей производственных цехов. В качестве таких средств еще сравнительно недавно нами использовались пакеты компании Autodesk. Сегодня же практически все они успешно замещены на линейку ПО компании Нанософт — NanoCAD BIM в области гражданского строительства. Названное ПО предназначено для моделирования зданий (технология BIM). По этой причине указанные средства недостаточно эффективны для создания ЦПИ. Это обусловлено тем, что рассматриваемая группа объектов насыщена оборудованием. Соответственно, модель должна содержать весьма объемные «технологические» разделы. Применение BIM-средств для моделирования таких разделов неэффективно. В связи с этим разделы оборудования, некоторые разделы коммуникаций и сетей целесообразно моделировать с использованием специализированного ПО. Таким ПО является программный пакет PlantLinker — разработка российской компании «ПлантЛинкер», входящей вместе с компаниями Бюро ESG и «ИнтерКАД» в группу компаний «САПР-Петербург». Именно это ПО успешно применяется на практике нашей компанией для моделирования. Описанию PlantLinker посвящен ряд публикаций специалистов Бюро ESG.

Для моделирования «геоподложки» специалисты нашей ком-

пании используют сегодня пакет NanoCAD GeonICS.

Более подробно остановимся на пользовательском интерфейсе ЦПИ — средствах навигации, управления, применения функционала. Напомним, что цифровая модель для предприятий дискретного производства 3D-центрична. Навигация, поиск, получение данных, прикладной функционал ЦПИ, управление функционалом и обмен данными со смежными системами доступны через 3D-пользовательский интерфейс. В основе пользовательского интерфейса ЦПИ лежит разработка компании «ПлантЛинкер» — программный пакет PlantViewer 3D. В ЦПИ используются две группы его функционала:

- функционал «по умолчанию», неоднократно подробно описанный в отдельных публикациях специалистов Бюро ESG. Основные применяемые функции:
 - загрузка в 3D-пространство моделей цехов и зданий (все разделы или выбранные разделы ЦПИ),
 - загрузка в 3D-пространство «геоподложки»,
 - навигация в 3D-пространстве,
 - масштабирование, измерение расстояний и углов, сечение плоскостями, «подсветка», «затенение», «отключение», «раскрашивание» элементов в 3D-пространстве;
- специально доработанный для использования в ЦПИ функционал. Приведем наиболее наглядные примеры:
 - получение параметров элементов 3D-пространства (например, оборудования) из интегрированной внешней специализированной производственной БД,

- загрузка в 3D-пространство моделей изделий (например, судостроительных секций),
- получение через постпроцессор от системы имитационного моделирования данных для визуализации перемещения оборудования и изделий, например судовых корпусных секций в 3D-пространстве,
- получение данных от смежной системы для визуализации (различного цветового выделения) оборудования по тем или иным параметрам, например в зависимости от загрузки.

Что касается организации БД для хранения и обработки параметров ЦПИ, то наша компания имеет опыт работ по двум направлениям:

- в качестве такой БД мы успешно используем пакет IPS Search компании Intermech. Преимуществом такого подхода является возможность гибкой настройки объектной, пользовательской и ролевой модели данного средства, а также наличия в IPS Search развитого функционала по обработке параметров элементов модели, хранению моделей, «сопутствующей» информации и документации. Преимуществом IPS Search также является наличие встроенного механизма отчетов, подсистем WorkFlow и календарного планирования — всего того, что позволяет эффективно управлять данными ЦПИ;
- мы имеем практический опыт применения уже внедренных заказчиком специализированных программных продуктов на основе БД, которые могут быть использованы для хранения и обработки параметров элементов

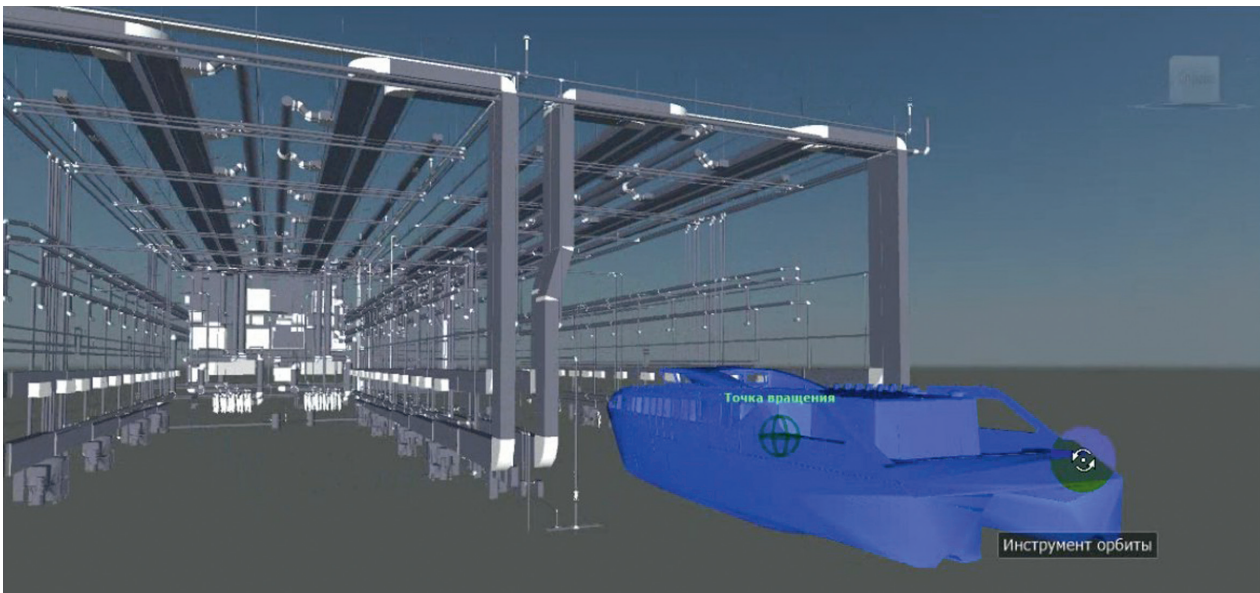


Рис. 5. Перемещение корпуса корабля в 3D-пространстве ЦПИ

информационной модели. ЦПИ «подключается» к уже реализованной единой информационной среде предприятия.

Наверное, при прочтении перечня функционала PlantViewer вы уже поняли, что обмен данными ЦПИ со смежными системами, например со средствами математического моделирования, производится с использованием интеграционных модулей. Добавим лишь следующее: Бюро ESG имеет практический опыт решения интеграционных задач. Наши специалисты готовы решать их посредством применения как уже созданных, так и вновь создаваемых подсистем ЦПИ.

Практическое использование ЦПИ

Напомним, что мы говорили о наиболее высоком экономическом эффекте использования ЦПИ предприятий с дискретным производством на стадии эксплуатации, в том числе в производственной деятельности, что, впрочем, не ис-

ключает экономического эффекта на других стадиях.

ЦПИ в целях обеспечения эксплуатации объекта и для производства поставляют информацию различным категориям пользователей. При этом термин «пользователи» в данном случае подразумевает и специалистов, имеющих доступ к информации непосредственно через интерфейс рабочих мест ЦПИ, и пользователей смежных систем, решающих как задачи эксплуатации и обслуживания производственного оборудования, систем, коммуникаций, сооружений, так и задачи производства.

Приведем пример применения ЦПИ на реальном судостроительном заводе.

Производственные подразделения, использующие ЦПИ, обеспечиваются:

- информацией о расположении оборудования, коммуникаций и систем, их координатах и геометрических размерах;
- информацией о расположении материалов, продукции (секций,

их частей и т.д.) с учетом геометрических размеров и привязкой к координатам;

- визуализацией моделирования различных процессов, связанных с перемещением оборудования и изделий, например, для создания стапельного расписания;
- визуализацией состояния оборудования в 3D-пространстве с применением цветовой дифференциации;
- эксплуатационными параметрами оборудования, коммуникаций и систем;
- технологическими параметрами оборудования, коммуникаций и систем для проведения технологической подготовки производства и непосредственно производства.

Рис. 5 иллюстрирует эмуляцию перемещения корпуса корабля в производственном пространстве. В 3D-пространство загружены основные разделы ЦПИ цеха (системы и оборудование), ограничивающие перемещение корпуса. В ЦПИ также загружена модель самого изделия. Инструментарий пользо-

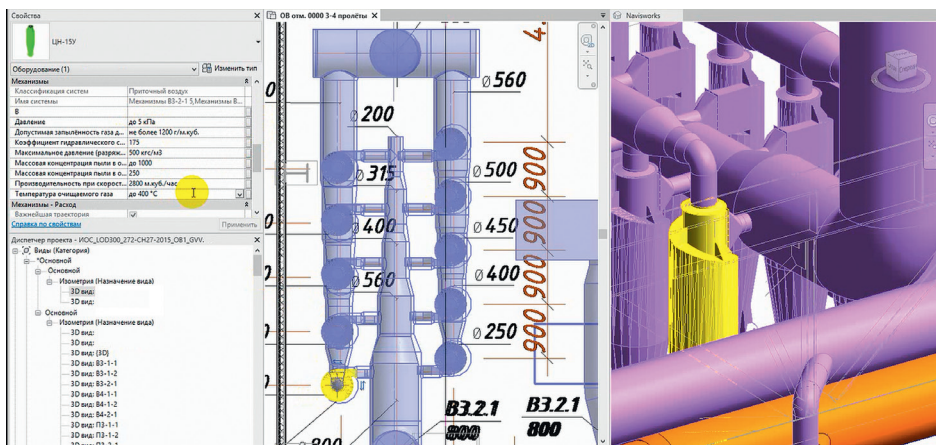


Рис. 6. Доступ к параметрам оборудования из 3D-пространства ЦПИ

владельческого интерфейса цифровой модели позволяет перемещать корпус в 3D-пространстве «вручную». Кроме того, может применяться механизм автоматизированного перемещения изделий оборудования, материалов. Он использует координаты корпуса, поступающие от внешней системы имитационного моделирования через специальный интерфейс.

Инженерные/обслуживающие подразделения обеспечиваются следующей информацией из ЦПИ:

- о положении компонентов информационной модели (оборудования, устройств, коммуникаций, систем...), их расположении в цехах, зданиях, сооружениях, на территории предприятия с указанием привязки к координатам, глубины/высоты для сетей и коммуникаций;
- о геометрических размерах компонентов информационной модели;
- об эксплуатационных параметрах компонентов модели (давление, мощность, производи-

тельность, грузоподъемность...);

- параметрами для технического обслуживания и ремонтов (ТОиР) компонентов модели;
- параметрами для управления закупками при обеспечении обслуживания оборудования, устройств, зданий, сооружений, систем и коммуникаций;
- визуализацией результатов моделирования процессов модернизации производства: оптимизации размещения нового оборудования, подключения его к сетям;

данными для расчетов. Рис. 6 иллюстрирует получение параметров оборудования. Функционал инициируется из 3D-пространства ЦПИ.

Кроме того, нашей компанией предлагается использование модели еще двумя потенциальными нишами пользователей:

- службой капстроя предприятия и ее проектными подразделениями при модернизации производства собственными ресурсами;
- внешними проектантами.

Для этих пользователей ЦПИ может применяться при выдаче исходных данных для модернизации, в том числе с применением инструментария для работы с 3D-моделями ЦПИ, не редактирующими графику, — средствами измерения, сечения, аннотирования.... При наличии же исходных форматов моделей они могут загружаться и изменяться средствами проектирования. Заметим, что состав и формат моделей для проектирования отличен от того, который достаточен для решения задач эксплуатации объекта и производства. В первом случае мы имеем дело, как правило, с исходными форматами 3D, получаемыми в результате моделирования в 3D-САПР. Во втором случае мы

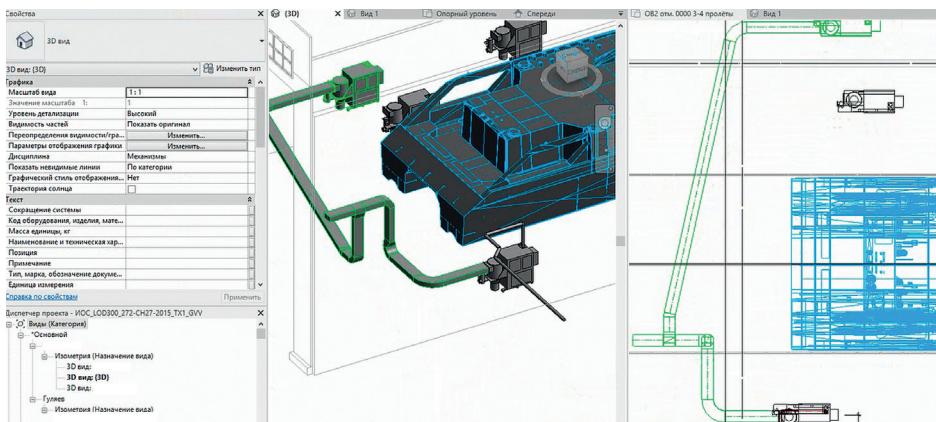


Рис. 7. Использование ЦПИ при модернизации системы вентиляции цеха

имеем дело с «облегченной» 3D-графикой и частью параметров, «выходящих за рамки» ЖЦ проектирования. Наша компания готова предложить программные и технологические решения для использования ЦПИ, в том числе и для модернизации объектов службами капстроа или с привлечением внешних проектантов.

Рис. 7 иллюстрирует пример применения ЦПИ для подключения нового оборудования цеха. Процесс включал следующую последовательность работ:

1. Создание 3D-модели нового оборудования (вентиляционная установка). Использованы чертежи, размещенные производителем в открытом доступе.
2. Экспорт 3D-модели оборудования в ЦПИ.
3. Оптимизация размещения нового оборудования, его «привязка» к координатам.
4. Проектирование и экспорт в ЦПИ необходимых воздуховодов и электрических сетей.
5. Возможность выгрузки всех необходимых параметров модернизированной системы для расчета ее производительности, проведения ТОиР, закупок комплектующих, необходимых для модернизации.
6. Имитация процессов модернизации с учетом перемещений и производственных процессов в цеху без их остановки.

И в завершение описания потенциала ЦПИ приведем еще одно возможное направление использования — виртуальная или дополненная реальность производственного пространства для отработки сложных технологических операций и действий в нестандартных ситуациях.

Заключение

На основании практического опыта Бюро ESG мы попытались описать цифровую производственную инфраструктуру предприятий с дискретным производством. Использование средств и технологий BIM, применяемых для построения ЦИМ, для таких объектов не всегда эффективно. Это связано с тем, что ЦПИ имеет довольно насыщенные технологические разделы. На объектах с дискретным производством существует ряд акцентов применения информационной модели, отличных от тех, что присущи объектам с непрерывным технологическим циклом. Всем этим обусловлены особенности построения ЦПИ, ее состав, применяемые средства и технологии, описанные в статье. К сожалению, в ограниченных рамках мате-

риала невозможно изложить его предельно подробно. Будем рады ответить на все возникающие вопросы.

Список литературы:

1. Попов К.В., Тучков А.А., Фертман И.Б. САПР технологических установок PlantLinker // САПР и графика. 2023. № 4.
2. 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 и 7.
3. Макеев С.М., Рындин А.А., Тучков А.А. Информационное моделирование производственной инфраструктуры судостроительного предприятия // REM. 2019. № 3.
4. Середохо В.А., Макеев С.М. Проект «Цифровая верфь». Создание экосистемы для цифрового производства // Инновации. 2019. № 9 (251).
5. 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.
6. Чиковская И.Н. Внедрение BIM — опыт, сценарии, ошибки, выводы // САПР и графика. 2013. № 8.
7. Тучков А.А., Рындин А.А. О путях создания систем управления инженерными данными // САПР и графика. 2014. № 2.
8. Фертман И.Б., Хабаров А.В. Управление инженерными данными объектов нефтегазопереработки в Австралии. Опыт и технологии // САПР и графика. 2015. № 9.
9. Комаров Р., Смирнов А., Михайлов М., Щукин К., Хабаров А. Реализация информационной модели объекта нефтепереработки на платформе Intergraph // САПР и графика. 2017. № 8.
10. 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>
11. «Газпром нефть» оснастила НПЗ собственной системой управления инженерными данными // Сайт CNews. https://www.cnews.ru/news/top/2020-10-28_gazprom_neft_osnastila