

## ЭФФЕКТИВНАЯ ИНДУСТРИАЛИЗАЦИЯ НА БАЗЕ ИНФОРМАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В.А. Куликов (ЗАО "НЕОЛАНТ")

*Еще недавно использование ИТ в промышленном и гражданском строительстве ограничивалось применением САПР на этапе проектирования объектов. Сегодня начинает завоевывать популярность новый класс ИТ-продуктов, позволяющих осуществлять передачу инженерных данных на стадиях сооружения, эксплуатации, реконструкции, консервации и/или ликвидации – PLM-системы. Опыт показывает, что наиболее эффективным методом создания PLM-системы предприятия является интеграция инструментов от разных производителей. Поэтому на рынке промышленного и гражданского строительства наблюдается возрастание роли межсистемных интеграторов, разрабатывающих интеграционное ПО для объединения данных из разных систем.*

*Ключевые слова: САПР, PLM-системы, управление жизненным циклом объекта, системы управления инженерными данными, информационная модель промышленного объекта, межсистемная интеграция.*

### От САПР к управлению жизненным циклом

С момента первых внедрений в промышленной сфере ИТ способствуют повышению эффективности основных производственных процессов. В промышленном и гражданском строительстве (ПГС) до недавнего времени наиболее показательным примером этого можно было считать внедрение САПР.

Однако компьютерные технологии не только позволяют создавать качественную проектную документацию. Они еще и надежно хранят и умножают знания и информацию, позволяя передавать их заинтересованным сторонам на последующие этапы жизненного цикла (ЖЦ) спроектированного объекта. Эффективность работы повышает применение информационного моделирования для реализации методологии PLM (Product Lifecycle Management, управление объектом на протяжении его ЖЦ).

ИТ-инструментарий для решения этой задачи – это результат развития решений САПР и PDM (Product Data Management, управление данными об объекте), прошедших путь от технологий электронного 2D черчения до 3D моделирования и создания информационных моделей (ИМ).

PLM-системы создаются на основе информационного моделирования (ИМ) промышленного объекта. ИМ позволяет избежать ошибок при проектировании, выявить возможные пространственно-временные коллизии, возникающие при строительно-монтажных работах, решить множество прикладных эксплуатационных задач. «Правильная» ИМ промышленного объекта содержит информацию о его конструкции, технологическом оборудовании, иных инженерных системах и т.д. При штатном режиме работы ИМ создается на этапе проектирования, на ее основе строится система управления инженерными данными (СУИД) об объекте. Набор данных в СУИД актуализируется в ходе эксплуатации.

ИМ может быть создана и для уже построенного и эксплуатируемого объекта. Например, сегодня в атомной отрасли технология «цифрового» реинжиниринга проектов энергоблоков АЭС и построение их ИМ и СУИД для нужд эксплуатирующей организации – «Концерн Росэнергоатом» – позволяет повысить эффективность и безопасность работ по их последующему выводу из эксплуатации [1].

Новый класс ИТ-продуктов, позволяющих организовать на основе информационного моделирования проектирование и передачу инженерных данных организациям, сооружающим промышленные объекты, осуществляющим их эксплуатацию, реконструкцию и, в конце концов, консервацию и/или ликвидацию – это PLM-системы (Product Lifecycle Management).

Можно отметить две стадии развития отношения к информационному моделированию, созданию информационных инженерных 3D моделей, СУИД на их основе и реализации методологии PLM на основе СУИД:

- 1) представление об информационном моделировании как о новой игрушке проектировщиков;
- 2) понимание новых возможностей для поддержки жизненного цикла объекта: в ходе инженерного проектирования, при реализации проекта «в железе», при техническом и авторском надзоре, для управления изменениями и т.д.

Внедрение современных PLM-систем позволяет в принципе обойтись без бумажных чертежей и иных документов как на этапе проектирования, так и на этапе возведения объекта или производства. Ведь демонстрация проектного решения заказчику и прочим заинтересованным сторонам производится с помощью реалистичной компьютерной графики.

Необходимые на строительной площадке данные (размеры, технические характеристики конструкций, анимированные инструкции по монтажу и т.д.) просматриваются на экране мобильных планшетных компьютеров (сегодня это не только устройства потребительского класса).

При этом понятно, что без бумажных копий проектно-конструкторской документации (ПКД) сегодня не обойтись – работу контролирующих и надзорных органов никто не отменял. Но теперь именно информационная модель является источником данных для подготовки «твердых» копий ПКД, отражающих актуальное состояние проекта.

На этапе эксплуатации объектов промышленной инфраструктуры единым пространством для совместной работы представителей эксплуатирующей организации и представителей других заинтересованных сторон (инвесторов, контролирующих организаций

и др.) становится центр управления в виде ситуационного центра или единой диспетчерской.

Эти структуры решают задачи: поддержки проведения «оперативок» и «планерок»; предоставление необходимой информации лицам, принимающим решения; обучение персонала и т. д.

Информационное пространство центра управления ускоряет работу заинтересованных сторон и повышает качество ее результатов. Эти улучшения достигаются за счет единства, полноты и достоверности данных, оперативного доступа к ним и удобства интерфейса работы с информацией. Все это — объективные следствия использования PLM-инструментов. Каждый из них выполняет свои функции, а правильный их подбор, настройка функциональных возможностей, интеграция между собой и создание удобного интерфейса обеспечивают достижение синергетического эффекта от использования PLM в целом.

#### Капитализация информационного моделирования

Эффективность «бесшовной» передачи управления инженерными данными между смежниками на протяжении жизни промышленного технологического объекта проявляется уже на первых этапах ЖЦ объекта, а отказ от такой методологии чреват серьезными потерями.

В [2] приведен пример, когда при проектировании технологической установки, имеющей в своем составе порядка 2,5 тыс. кабелей, было принято решение не создавать 3D модель: у смежника не хватало компетенции для работы с ней. Была нарушена технологическая цепочка передачи данных, и в результате — перенос сроков выпуска установки на квартал, переделка более 800 кабелей, финансовые потери — десятки миллионов рублей.

А при создании аналогичного изделия с использованием «сквозной» САПР по проектированию кабельной сети 3D модель была сформирована за 3 недели. По результатам макетирования было исправлено всего 3 кабеля.

Важными сервисами современных PLM-систем, использующих методологию построения ИМ, являются:

- 3D моделирование объекта как самого по себе, так и в составе окружающих объектов промышленной инфраструктуры;
- динамическое моделирование процесса сооружения спроектированного объекта.

3D моделирование позволяет проверить наличие пространственных нестыковок (коллизий) в проекте, когда устанавливаемое технологическое оборудование или кабельные трассы просто физически не могут существовать в проекте из-за «пересечений» в пока еще виртуальном пространстве. Возможность выявления подобных коллизий — гарантия создания качественного проекта, что по достоинству будет оценено заказчиком.

Динамическая модель строительно-монтажных работ (СМР) — это сервис, полезный как для проектировщиков, так и строителей.

Динамическая модель СМР на основе уже отлаженной бесколлизийной ИМ позволит выявить возможные проблемные места рабочих процессов сборки или пространственно-временные коллизии, например, при перемещении подъемно-транспортными средствами монтируемого оборудования, взаимные помехи выполнению работ разными монтажными бригадами, неудобства доступа персонала к монтируемому оборудованию и т. д.

Своевременное, еще до начала строительства выявление монтажных коллизий на модели СМР позволит внести коррективы в планы производства работ (ППР), оптимизировать расположение материалов и оборудования на стройплощадке, подготовку оборудования на заводе-изготовителе.

В качестве примера выгод от применения имитационного моделирования СМР приведем конкретный опыт компании Westinghouse (США), полученный при сооружении АЭС [3]. В ходе одного из проектов при анализе работ, связанных с бетонированием, моделирование их последовательности показало, что в какой-то момент времени верхняя часть сооружения «парила» в воздухе из-за отсутствия одного кольца бетона. Ошибка была идентифицирована и исправлена.

Это лишь один из примеров возврата инвестиций в информационное моделирование и технологии верификации проекта на базе ИМ. В этом же проекте предварительное моделирование позволило предложить такие решения, как монтаж крупногабаритного оборудования до возведения перекрытий; сборка некоторых подсистем реактора на заводе-изготовителе, их установка с помощью крана большой грузоподъемности. В результате время работ от заливки первого бетона и до загрузки топлива было сокращено с 49 до 47 мес.

Анализ всей совокупности выгод от использования моделирования в проекте показал, что ошибки и недочеты, заложенные в первоначальном проекте, обошлись бы в 70 тыс. долл. США в день. Моделирование позволило сэкономить около 3 млн. долл. США, многократно окупив затраты компании на внедрение и использование новых ИТ в этом проекте.

#### Системный подход в PLM

Происхождение приложений, входящих в систему PLM, может различаться. Это либо инструментарий от одного поставщика, либо платформа, построенная на основе приложений от разных вендоров. В последнем случае в системе присутствует также интеграционное ПО от независимых разработчиков или системных интеграторов. Продукты независимых разработчиков могут также выступать в роли сервисных компонентов системы PLM.

В экономике существует понятие сформировавшегося рынка (mature market). Одной из его характеристик является наличие нескольких — 3...5 вендоров, владеющих более чем половиной рынка. В этом

*Все можно сделать лучше, чем делалось до сих пор.*

Генри Форд

«определении» есть существенная доля лукавства, связанная с закрытостью информации ряда компаний, неоднозначностью единиц измерения рынка (денежные показатели, внедрения/лицензии в штуках), сегментированностью самого рынка.

В первом приближении рынок PLM можно считать сформировавшимся, его лидеры вышли из рынка САПР, сегодня они предлагают и САПР, и PLM-системы. Это не означает, однако, абсолютного превосходства программных PLM-инструментов этих компаний для любого сегмента рынка. В качестве примера можно привести ситуацию с созданием технологии Multi-D – PLM-системы для управления жизненным циклом АЭС.

Когда ОАО «НИАЭП», ОАО «АЭП» и ПКФ ОАО «Концерн Росэнергоатом» – лидеры Госкорпорации «Росатом» – задались целью объективного выбора инструментов САПР и PLM для своих задач, то «в финал» вышли Dassault Systèmes и Intergraph.

Проектные организации «Росатома» выбирали ИТ-инструменты класса high end, поддерживающие возможности управление ЖЦ АЭС на стадиях проектирования, поставки, сооружения, наладки и эксплуатации энергоблоков. Методика сравнительного анализа включала оценку предложений каждого из вендоров по согласованному перечню критериев и сверку их суммарных показателей ([www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4411](http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=4411)).

Жесткие требования и строгие критерии отбора заставили включить в единое информационное пространство технологии Multi-D инструментарий обоих «финалистов» – Intergraph и Dassault Systèmes. Было сочтено, что Dassault имеет развитый функционал моделирования строительных работ и подготовки соответствующей документации, тогда как ПО Intergraph хорошо адаптировано для создания инженерного проекта энергоблока АЭС, полевого инжиниринга непосредственно на площадках сооружения АЭС, и позволяет использовать при этом достаточно простую ИТ-инфраструктуру.

#### Роль системной интеграции

Пример Multi-D – удобный источник иллюстраций и для такого явления на рынке систем PLM, как возрастающая роль межсистемных интеграторов для успешного развития рынка. Это связано с усложнением инструментария и специфики требований к нему со стороны конкретных рынков, потребляющих услуги проектных организаций. В первую очередь речь идет о проектировании сложных инженерных объектов (СИО).

Современный подход к проектированию СИО предполагает создание одновременно с проектом системы информационной поддержки управления ЖЦ объекта. В ее основе – система управления инженерными данными, ядром которой является информа-

ционная модель (ИМ) объекта. Одно из определений ИМ дано в ([www.neolant.ru/technologies/info\\_model/](http://www.neolant.ru/technologies/info_model/)): «Информационная модель является цифровым прототипом объекта, в котором однозначно определен каждый его элемент и обеспечена их логическая взаимосвязь. Именно структура и назначенные взаимосвязи – основные признаки информационной модели».

Информационная модель превращается в главный продукт, производимый проектной организацией, а привычные по «старым временам» тома проектной документации – это сегодня лишь один из сервисов, предлагаемых проектировщиками заказчику на основе данных ИМ. А вот глобальная система сервисов – это и есть практическая реализация концепции PLM.

Объективная ценность и удобство развивающихся инструментов информационного моделирования, необходимость использования накопленного ИТ-опыта проектной организации и уже созданной инфраструктуры, субъективные взгляды на простоту или «дешевизну» тех или иных решений разработчиков PLM – все это приводит, как правило, к построению платформ на основе приложений от разных вендоров. Это делает необходимым участие системных интеграторов в создании единой платформы для информационного моделирования и PLM.

Используя в качестве примера опыт построения Multi-D в ОАО «НИАЭП», следует упомянуть, что в ходе ее развертывания и внедрения компании «НЕОЛАНТ», партнеру ОАО «НИАЭП» в этом проекте, пришлось создать ряд дополнительных «внесистемных» решений. Термин «внесистемный» означает отсутствие этих интеграционных и сервисных модулей в системах PLM от Dassault и Intergraph. При этом PLM-платформа, создаваемая при проектировании объектов атомной энергетики на базе типового проекта «Росатома» ВВЭР-ТОИ включает и ряд других ИТ-продуктов от Oracle, IBM и других вендоров.

В числе созданных «НЕОЛАНТ» специализированных продуктов для системы PLM проекта ВВЭР-ТОИ:

- адаптер для передачи данных из отраслевого каталога оборудования на базе ENOVIA (Dassault Systemes) в систему управления проектными каталогами оборудования и материалов Intergraph SmartPlant Reference Data (SPRD);

- модуль интеграции хранилища ИМ и портала совместной работы Intergraph SmartPlant Foundation с системами: управления требованиями IBM Rational DOORS; управления проектами Microsoft Project.

Программные решения семейства НЕОЛАНТ InterBridge – InterView, InterBridge, InterStorage – использованы в проекте ВВЭР-ТОИ для: объединения в единую ИМ всех частей проекта, созданных в разнородных САПР; визуализации данных ИМ; создания СУИД для построения сервисов, необходимых для решения задач эксплуатации.

#### Заключение

Внедрение даже отдельных элементов PLM-системы должно стать мощным дополнительным фак-



тором успеха EPC-компании (engineering, procurement, construction – инжиниринг, поставки, строительство) или промышленного предприятия в конкурентной борьбе. Преимущество достигается не только за счет технической модернизации, но и за счет перестройки бизнес-процессов, повышающей эффективность принятия решений руководством предприятия.

#### Список литературы

1. Черников О.Г., Шапошиников В.А., Тихоновский В.Л., Кононов В.В., Чуйко Д.В., Былкин Б.К. Разработка БД для

вывода из эксплуатации блоков ЛАЭС // Экология и атомная энергетика. 2005. №1.

2. Кононов В.В., Андреева Н.Н. Человеческий фактор в применении САПР: как сохранить понимание технологического процесса и инженерную интуицию // Нефтяное хозяйство. 2013. № 9.
3. Кононов В.В., Тихоновский В.Л., Доробин Д.С., Сальников Н.В., Трифонов В.Е. Концепция СОМОКС: интеграция «полевых» и «штабных» ИТ для обеспечения эффективности капитального строительства//Монография «Лучшие практики проектирования и сооружения сложных инженерных объектов в России и за рубежом». 2013.

**Куликов Валерий Анатольевич** – ведущий аналитик ЗАО "НЕОЛАНТ".  
Контактный телефон (499) 999-00-00.  
E-mail: info@neolant.ru

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Ян Ларссон (Siemens PLM Software)**

Показаны преимущества от использования систем автоматизированного проектирования, объединяющих высокоуровневые средства цифрового моделирования, включая инструменты геометрического моделирования, с приложениями по управлению данными. Применение таких систем позволяет создавать расчетные CAE-модели быстрее, чем при традиционных процессах инженерного анализа.

Ключевые слова: цифровое моделирование, системы автоматизированного проектирования, опытные образцы, конструкторская подготовка производства, единое информационное пространство.

#### Введение

Сегодня производители испытывают серьезную потребность в сокращении сроков выпуска изделий на рынок. Цифровое моделирование позволяет рассмотреть больше число вариантов конструкции за меньшее время. Данная методика зарекомендовала себя в качестве эффективной альтернативы испытаниям реальных опытных образцов. Предприятия стараются расширить сферу применения цифрового моделирования, внедряя его на самых ранних этапах процесса разработки.

На этапе проектирования компании заинтересованы в сжатые сроки получить конструкторский проект и изготовить по ним опытные образцы, которые далее будут испытываться и оцениваться на соответствие изделия заданным характеристикам. В результате конструкторские ошибки часто не выявляются до момента испытания опытного образца. Это приводит к отставанию от графика проектных работ, резкому росту себестоимости, несоответствию изделий ожиданиям рынка и требованиям бизнеса, что в свою очередь приводит к росту риска неудовлетворенности заказчика и/или отзыва готовых изделий.

Во многих случаях конструкторы и расчетчики работают практически независимо друг от друга. Ранее это было вызвано тем, что расчетчики привлекались к работе только в том случае, если на испытаниях что-то ломалось, либо они выполняли окончательные расчеты на этапе утверждения конструкции перед выходом изделия на рынок. Даже при выполнении

цифрового моделирования на более ранних этапах жизненного цикла изделия исполнители работают с массой специализированных и не связанных друг с другом систем. При этом возникают избыточные данные и непроизводительные процессы, что в конечном итоге приводит к росту временных затрат на проведение расчетов.

Подобный процесс проектирования является не только медленным и запутанным, но и создает прецеденты появления конструкций типа "и так сойдет". Такой подход явно устарел, поэтому предприятиям нужно переходить на новый уровень разработки изделий, более глубоко встраивая моделирование в процесс конструкторской подготовки производства. Это стало возможным благодаря внедрению более функциональных и лучше синхронизированных инструментов, предназначенных как для конструкторов, так и для расчетчиков. Подобные инструменты должны поддерживать параллельные процессы конструирования и моделирования.

#### Цифровое моделирование как основа проектирования

Исторически цифровое моделирование часто не поспевало за графиком проектных работ. Нередко результаты расчетов приходили слишком поздно и оказывались бесполезными. Это привело к заметному разочарованию, нерациональному использованию и неразберихе, связанной с системами инженерного анализа (CAE). Согласно отчету консорциума AutoSim, из всего времени, необходимого инженерам