



## ИНТЕГРАЦИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА «РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ» В ЕДИНОЕ ИНФОРМАЦИОННОЕ ПРОСТРАНСТВО АО «ОКБМ АФРИКАНТОВ»

В.В. Петрунин, М.А. Большухин, П.Ю. Белокрылов,  
К.В. Комиссаров, Е.Ю. Повереннов (АО «ОКБМ Африкантов»)

*Представлены результаты реализации ИТ проекта интеграции бизнес-процесса «Расчетное обоснование конструкций» в единое информационное пространство предприятия. Достигнуто сокращение времени процесса подготовки конструкторской документации за счет реализации программной связи между PLM и SPDM системами. Предложено решение по оптимизации хранения и использования данных результатов расчетов в информационной инфраструктуре АО «ОКБМ Африкантов».*

*Ключевые слова: цифровизация, единое информационное пространство, расчетное обоснование конструкции, SPDM система, PLM система.*

### Введение

Для решения задачи цифровой трансформации бизнеса в АО «ОКБМ Африкантов» последовательно осуществляется развитие собственной модели цифрового предприятия. Деятельность в рамках данной концепции направлена на построение электронной модели сложного административно-хозяйственного образования. Данная модель, характеризуясь высокой степенью изменчивости, должна при этом сохранять свою информационную целостность — формализованную структуру представления данных и определенный граф трансформации таких данных.

Технологической средой генерации таких моделей выступает единое информационное пространство (ЕИП). Существует различные подходы к организации ЕИП предприятия, отметим два традиционных из них:

1) организация ЕИП в рамках программной платформы одного вендора. Безусловным достоинством такой технологии является наличие возможностей трансформации (конвертации) информации между узловыми элементами информационного пространства. Возможными недостатками являются высокие финансовые издержки на приобретение и поддержку ПО, отсутствие полноценной возможности управления и независимого от вендора развития данных продуктов;

2) организация доступа к распределенной информации, которая хранится в базах данных информационных систем (ИС) от разных вендоров, с помощью их интеграции. Основной технической трудностью здесь является организация коммуникации между узловыми элементами информационного пространства, так как разработчики данных систем не заинтересованы в предоставлении таких возможностей. Преодолев указанное ограничение, можно получить

широкие возможности в области управления информационной моделью цифрового предприятия, существенно сократив при этом финансовые издержки.

Организация ЕИП в АО «ОКБМ Африкантов» основывается на втором из вышеописанных подходов, так как высокая техническая подготовка ИТ службы предприятия позволяет разрешать указанные проблемы технологического характера. Структура ЕИП позволяет осуществить цифровизацию производственных процессов на всех этапах жизненного цикла (ЖЦ) изделий. Основными структурными узлами информационного пространства являются ИС, концентрирующие информацию на различных этапах ЖЦ, прямые программные связи между ними выстраивают динамику самих производственных процессов.

Рассмотрим проект интеграции бизнес-процесса «Расчетное обоснование конструкций» в ЕИП АО «ОКБМ Африкантов».

### Анализ текущего состояния

Этап конструирования изделия включает множество бизнес-процессов, одним из которых является процесс «Расчетное обоснование конструкций», тесно связанный с процессом разработки рабочей конструкторской документации. Вся деятельность по расчетному обоснованию конструкций сосредоточена на технологической площадке SPDM (Simulation and Process Data Management) системы, являющиеся неотъемлемой частью единой корпоративной информационной среды предприятия по управлению жизненным циклом изделия (PLM-среды) [1]. Проект внедрения SPDM системы в АО «ОКБМ Африкантов» описан в [2].

Результаты внедрения SPDM системы и ее опыт-но-промышленной эксплуатации подтвердил пра-

вильность подхода для комплексного решения выявленных проблем деятельности предприятия по расчетному обоснованию конструкций [2, 3]. Наиболее успешны в этом отношении были решения задач стандартизации типовых расчетных процессов с последующей автоматизацией их проведения и управления сложными сопряженными расчетами на базе коммерческих решателей и кодов собственной разработки. Таким образом, можно говорить о высокой степени цифровизации деятельности в контуре расчетных подразделений предприятия.

В результате такой автоматизации наиболее остро проявилась проблема взаимодействия инженеров-конструкторов и специалистов расчетных подразделений в части совместных работ по подготовке конструкторской документации. На сегодняшний день такое взаимодействие регламентируется стандартами организации и представляет собой процесс информационного обмена, разработанный без учета возможностей ЕИП. В частности, процесс обмена извещениями об изменениях, основывающийся на бумажном документообороте, имеет существенную протяженность во времени, а обмен данными через сетевую инфраструктуру предприятия не позволяет отслеживать историю принятия решений по изделию и не гарантирует его информационную целостность. Последствием такого рассогласования конструкторской геометрической модели и результатов расчетного обоснования является необходимость проведения дополнительных работ по их синхронизации.

#### Постановка задачи

После всестороннего анализа выявленной проблемы ИТ служба предприятия выработала ряд мероприятий, направленных на преодоление информационного разрыва во взаимодействии участников процесса подготовки конструкторской документации. Одним из таких мероприятий является автоматизация информационного обмена между инженерами-конструкторами и специалистами расчетных подразделений. Данный программный продукт должен решить следующие задачи:

1) сократить время протекания процесса обмена извещениями об изменениях и перевести его в безбумажную форму;

2) осуществить прямой автоматический информационный обмен между исполнителями по процессу подготовки конструкторской документации с сохранением истории принятия решений по данному процессу.

Таким образом, предлагаемое решение обеспечит интеграцию деятельности по расчетному обеспечению конструкций в ЕИП предприятия путем бесшовного

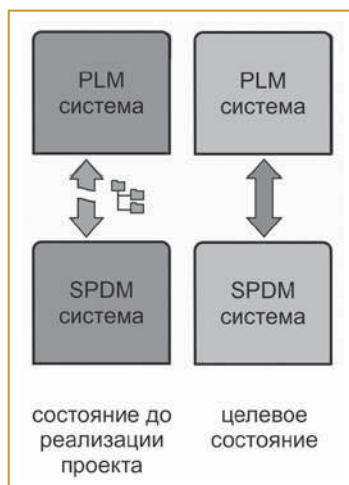


Рис. 1. Цель проекта — преодоление информационного разрыва во взаимодействии участников процесса подготовки конструкторской документации

управляемого информационного обмена между целевыми ИС — PLM IPS (концентратор данных и процессов по конструкторско-технологической подготовке производства) и ANSYS EKM (технологическая площадка по обеспечению расчетного обоснования проектов, SPDM система).

#### Внедрение

Целью проекта является предоставление возможности инженеру-конструктору провести процесс расчетного обоснования конструкции непосредственно из PLM системы и получить результат расчета (проведенный специалистами расчетного подразделения в SPDM системе), который прикрепляется сразу в состав изделия в PLM системе.

Цель реализации проекта — создание модуля интеграции, который представляет собой набор программных библиотек, настроечных и сценарных (сценарии рабочих процессов) файлов, базирующихся на возможностях API систем IPS и EKM (рис. 1).

При разработке этого модуля следует учитывать особенности сетевой инфраструктуры АО «ОКБМ Африкантов», а именно:

- вся HPC (high-performance computing) инфраструктура находится в отдельной подсети под управлением Linux-подобной операционной системы (ОС). SPDM система ANSYS EKM также находится под ее управлением с целью минимизации издержек обмена ресурсоемкими пакетами расчетных данных между исполнителями расчетных процессов;
- PLM система IPS размещается в отдельной подсети под управлением Windows-подобной ОС;
- обмен данными между этими сетевыми частями предприятия регламентируются положениями сетевой безопасности предприятия.

Таким образом, в отношении рассматриваемой связи имеются следующие ограничения:

1) передача данных от PLM системы в подсеть SPDM системы и обратно имеет ограничение по пропускной способности. Таким образом, выгрузка и хранение результатов расчета (в файловых форма-

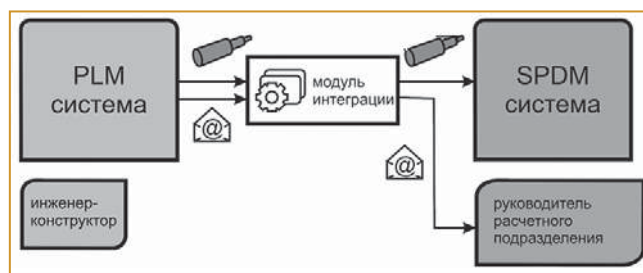


Рис. 2. Сценарий взаимодействия участников процесса расчетного обоснования при его инициализации

тах расчетных программных комплексах) непосредственно в базу данных PLM системы не представляется целесообразным;

2) передача данных от SPDM системы в подсеть PLM системы имеет ограничение, накладываемое политикой безопасности.

Исходя из поставленной задачи, разрабатываемый модуль имеет следующие функциональные возможности:

- передача исходных данных, необходимых для проведения расчета: конструкторская 3D-модель изделия из IPS в ЕКМ, выбор руководителя расчетного подразделения, ответственного за проведение расчетного обоснования;
- отслеживание в IPS состояния исходной 3D-модели, по которой был инициирован и проводится в течение некоторого времени расчет, и передача извещений об ее изменении в ЕКМ;
- отслеживание в ЕКМ состояний расчета (расчетный процесс в SPDM системе может включать множество исполнителей и множество расчетного ПО) и передача сведений об их изменениях в IPS;
- передача результатов расчета из ЕКМ в IPS в виде отчета, представляющего собой расчетное обоснование, выполненное согласно нормативным документам организации;
- рассылка уведомлений через коммуникационную систему предприятия всем участникам процесса расчетного обоснования в системах ЕКМ и IPS об этапах его проведения.

Процессы расчетного обоснования, реализуемые с помощью коммуникации PLM и SPDM систем, имеют следующие обязательные сценарии взаимодействия инженера-конструктора и специалистов расчетных подразделений: инициализация процесса в PLM системе, проведение расчета в SPDM системе и завершение процесса в PLM системе с получением результатов расчета (или извещения об их отсутствии) из SPDM системы. Схемы этих сценариев представлены на рис. 2–4.

В сценарии, представленном на рис. 2, инженер-конструктор запускает в IPS рабочий процесс «Проведение расчетного обоснования» для выбранной 3D-модели изделия и выбирает руководителя расчетного подразделения, ответственного за проведение расчетного обоснования. Модуль интеграции отправляет данному руководителю уведомление о необходимости проведения расчета, создает в ЕКМ специальный объект для загрузки данных из IPS, загружает в SPDM систему 3D-модель и предварительный шаблон отчета о расчетном обосновании.

На рис. 3 представлен сценарий информационного обмена при проведении расчета, в котором в общем случае может быть задействовано несколько специалистов расчетных подразделений, выполняющих расчеты по различным дисциплинам и взаимодействующих между собой в процессе проведения и согласования расчетов. При этом модуль интегра-

ции отслеживает статус расчета в ЕКМ и наличие изменений в исходной 3D-модели в IPS. При наличии таких изменений ответственному лицу направляется уведомление. Далее может быть принято решение об остановке процесса расчета: в этом случае инженер-конструктор, инициировавший рабочий процесс «Проведение расчетного обоснования» в IPS, получает извещение в PLM системе, и процесс завершается без результатов расчетного обоснования. И наоборот, когда, по мнению экспертов расчетных подразделений, изменения исходной геометрии незначительные и не могут повлиять на результаты расчета, процесс продолжается до получения результатов.

В сценарии, представленном на рис. 4, исполнитель расчета формирует отчет о выполнении расчета, проходит этапы его согласования и утверждения. Рабочий процесс в ЕКМ завершается. Модуль интеграции получает сведения о завершении расчета и загружает отчетный документ в IPS, прикрепляя его непосредственно в состав изделия или конструкторской сборки. Инженер-конструктор получает извещение о завершении процесса «Проведение расчетного обоснования», а также о наличии отчетного документа. Наличие механизма отслеживания изменений 3D-модели позволяет смоделировать итеративный по своей сути процесс проектирования нового изделия: в состав изделия в PLM-системе будет прикреплен документ о расчетном обосновании только для варианта 3D-модели,

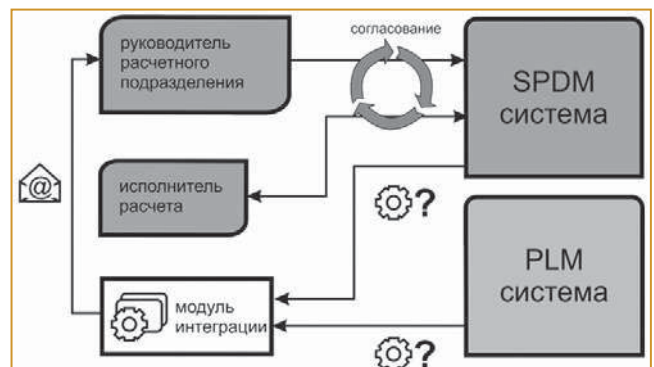


Рис. 3. Сценарий взаимодействия участников процесса расчетного обоснования при проведении расчета

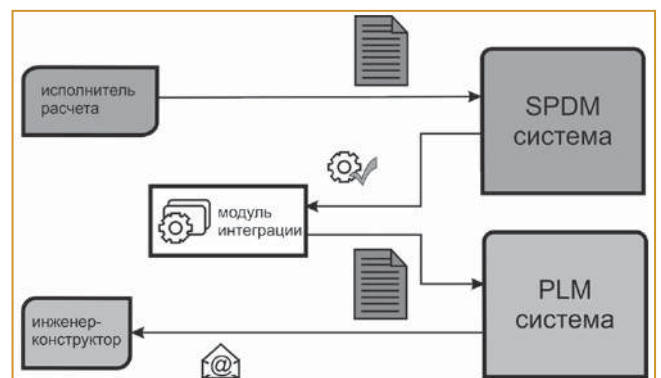


Рис. 4. Сценарий завершения процесса расчетного обоснования

*В расчетном обосновании есть безусловная магия, не чувствуют ее лишь люди, наивно лишенные воображения.*

Ремейк по фразе Б. Акунина

полностью удовлетворяющего требованиям выполненного расчетного обоснования. Если текущий вариант 3D-модели изделия, для которой запущен процесс расчетного обоснования, не удовлетворяет одному или нескольким требованиям, специалист расчетного подразделения выдает рекомендации инженеру-конструктору по изменению модели изделия, и процесс расчетного обоснования проводится для измененной версии изделия.

Для реализации сценария взаимодействия участников процесса расчетного обоснования при проведении расчета разработан универсальный шаблон в SPDM системе, позволяющий регламентировать взаимодействие множества участников с разными ролями (исполнитель и руководитель). Также иерархическая структура данного шаблона позволяет реализовать выполнение расчетного анализа как для нескольких режимов нагружения, так и для нескольких физических дисциплин. Дополнительно по причине интенсивного использования цифровых процессов в исполнительной среде SPDM системы и генерации в результате данной деятельности большого объема информации, был реализован ИТ проект по оптимизации хранения и использования данных в НРС инфраструктуре предприятия. Целью данного проекта является существенное сокращение объема хранимых файлов с результатами работы программ инженерного анализа CAE (computer-aided engineering) без потери их информативности. В результате совместной деятельности ИТ службы и специалистов расчетных подразделений по анализу существующих технологий редуцирования CAE форматов был выработан регламент хранения и использования расчетных данных в деятельности профильных подразделений. Технология, на кото-

рой основан данный регламент, позволяет сократить до 100 раз объемы хранимых данных по сравнению с исходным состоянием.

#### Выводы

В результате реализации ИТ проекта по интеграции бизнес-процесса «Расчетное обоснование конструкций» в единое информационное пространство АО «ОКБМ Африкантов» был ликвидирован разрыв во взаимодействии участников процесса по подготовке конструкторской документации. Тем самым удалось существенно (до 90%) сократить время протекания процесса обмена извещениями об изменениях и перевести его в безбумажную форму. Прямой автоматический информационный обмен между исполнителями по процессу подготовки конструкторской документации с сохранением истории принятия решений позволяет избежать потери и искажения данных. Также для оптимизации хранения и использования данных в НРС инфраструктуре предприятия был реализован ИТ проект, позволяющий сократить до 100 раз объемы хранимых данных.

Разработанный модуль интеграции управляемого информационного обмена между PLM IPS и ANSYS ЕКМ позволил успешно включить цифровую деятельность подразделений департамента научно-технического обоснования проектов в ЕИП предприятия.

#### Список литературы

1. Кечков А.А., Сумароков С.В., Колчин А.Ф. Системы управления расчётными обоснованиями – новый виток PLM уже начался // CAD/CAM/CAE Observer. 2016. №1 (101). С. 37-43.
2. Петрунин В.В., Большухин М.А., Белокрылов П.Ю., Комиссаров К.В., Повереннов Е.Ю., Ереев М.Н. Реинжиниринг бизнес-процесса расчетного обоснования проектов в АО «ОКБМ Африкантов» // Автоматизация в промышленности. 2018. №8. Стр. 47-51.
3. Петрунин В.В., Белокрылов П.Ю., Комиссаров К.В., Повереннов Е.Ю. Проект внедрения SPDM-системы ANSYS ЕКМ в АО «ОКБМ Африкантов» // CADFEM Review. 2018. №5. С. 19-23.

*Петрунин Виталий Владимирович* – д-р техн. наук, проф. первый заместитель генерального директора-генерального конструктора,

*Большухин Михаил Александрович* – канд. техн. наук, начальник департамента научно-технического обоснования проектов,

*Белокрылов Петр Юрьевич* – канд. техн. наук, начальник бюро поддержки прикладных систем в части инженерного анализа,

*Комиссаров Кирилл Витальевич* – начальник отдела развития систем поддержки жизненного цикла изделий,

*Повереннов Евгений Юрьевич* – канд. физ.-мат. наук, ведущий инженер по информационным технологиям,

АО «ОКБМ Африкантов».  
Контактный телефон (831) 246-94-96.  
E-mail: komissarov@okbm.nnov.ru

#### НОВЫЕ КНИГИ

Решетников И.С. MES: стратегическая инициатива.  
М.: НГСС, 289 стр. с ил., табл. ISBN: 978-5-9906448-2-3

Рассматриваются вопросы постановки задачи и организации процессов внедрения и эксплуатации систем класса MES на предприятиях дискретного типа и машиностроения, рецептурного производства.

<http://mescenter.ru>