

## КОМПЛЕКСНАЯ АВТОМАТИЗАЦИЯ АО «УРАЛКРИОМАШ» С ПОМОЩЬЮ PLM-СИСТЕМЫ

Н.А. Бочарникова (АО "Уралкриомаш")

*Представлен проект автоматизации технологических и бизнес процессов с использованием компонентов PLM-системы на примере комплекса T-FLEX PLM. Сформулированы основные требования, предъявляемые к системе автоматизации уровня PLM, описаны этапы проекта автоматизации и результаты внедрения.*

*Ключевые слова: PLM-система, интеграция, единое информационное пространство, жизненный цикл изделия, 3D-модель, электронная модель изделия.*

### Описание объекта автоматизации

Мало кто знает, что начало космической эры во многом было заложено в г. Нижнем Тагиле. Вывод первого отечественного спутника на околоземную орбиту и знаменитый полет Юрия Гагарина, впрочем, как и все последующие отечественные космические старты, не состоялись бы без разработок специалистов АО «Уралкриомаш». Здесь были созданы подвижные заправочные средства для ракет-носителей «Р-7», «Протон», «Зенит», космических кораблей «Восток», «Восход», «Союз», а также для таких уникальных космических проектов, как «Энергия-Буран» и «Морской старт». За более чем шесть десятилетий АО «Уралкриомаш» прошел непростой путь и превратился в многопрофильное, стабильно развивающееся предприятие. Сегодня он входит в состав научно-производственной корпорации «Уралвагонзавод» и является одним из лидеров по производству специализированной криогенной техники в России. Предприятие работает во всех направлениях и с различными потребителями: выпускает продукцию для нужд железнодорожных перевозчиков, нефтегазовых компаний и отечественного ОПК. Предоставляет заказчику полный комплекс услуг: начиная от генерации идеи, разработки принципиальных схем и конструкторской документации, производства с обязательным контролем качества на каждом этапе работ и заканчивая шефмонтажом, гарантийным, постгарантийным и сервисным обслуживанием.

Не остается без внимания и космическая тема. Ведутся работы по поддержанию работоспособности и модернизации оборудования космодромов «Байконур», «Плесецк». Компания принимает непосредственное участие в реализации проекта космодрома «Восточный»: ведутся работы по созданию систем доставки компонентов топлива для ракет-носителей «Союз-2» и «Ангара».

Стратегическая задача АО «Уралкриомаш» — сохранить свои позиции как одного из ведущих российских производителей криогенного оборудования и увеличить свою долю на отечественном рынке.

Начало проекта космодрома «Восточный» во многом послужило толчком для запуска в 2009 г. комплексной автоматизации процессов предприятия в направлении информационной поддержки жизненного цикла изделий, то есть организации корпоративной PLM-системы [1]. Запустился этот процесс с наиболее простой и наименее затратной, но очень

необходимой на тот момент системы финансового и бухгалтерского учета (на базе 1С). В 2013 г. ее дополнили системой управления производством ERP Eludia (на ее базе автоматизировали такие процессы, как управление продажами, работа с заявками на новую продукцию, управление закупками, управление производством, управление отгрузкой и экономикой). Данные для ERP-системы заполнялись вручную на основе бумажной конструкторско-технологической документации (КТД), следовательно скорость появления данных, их актуальность и качество были очень низкими, что значительно препятствовало эффективной работе системы и не позволяло с помощью нее оперативно управлять производством. Поэтому в 2014 г. было принято решение подготовить техническое задание на приобретение ПО и услуг по инженерному консалтингу в области автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства и управления данными об изделиях.

### Требования к системе автоматизации

Перечислим общие требования, предъявляемые к системе АО «Уралкриомаш»:

- применимость для обслуживания вновь созданных, развивающихся и динамически изменяющихся процессов обработки данных по изделиям на предприятии. Для этих целей требовалось наличие доступных и эффективных инструментов адаптации имеющихся функциональных возможностей к уточняющимся и изменяющимся в процессе эксплуатации требованиям;
- обеспечение совместной работы пользователей с данными по изделиям всех видов, находящихся под управлением системы, на всех этапах жизненного цикла изделий;
- обеспечение эффективного применения технологий коллективного проектирования с использованием CAD/CAE-систем и САПР ТП;
- обеспечение структурированного размещения документации в едином хранилище, включая конструкторскую документацию и в обязательном порядке электронные 3D-модели (документы САПР), технологические, эксплуатационные, маркетинговые и опционально копии организационно-распорядительных документов, непосредственно связанных с обработкой данных по изделиям. При этом система должна обеспечивать легкое перестроение структуры хранения и правил доступа по мере наполнения данными и изменения их содержания;

- предоставление возможностей итерационных уточнений разработок между этапами жизненного цикла и иерархическими уровнями изготовления изделия;
- обеспечение ведения истории создания и изменения данных по изделиям с обязательным журналированием;
- обеспечение подготовки и взаимосвязанного проведения изменений во всех видах технической документации, включая электронные 3D-модели (электронные модели деталей) и 3D-макеты (электронные модели сборочных единиц) и электронные составы изделий (ЭСИ, электронные структуры изделия);
- обеспечение быстрого полнофункционального поиска, включающего поддержку вложенных запросов, поиск по хранимым атрибутам, поиск по вычисляемым атрибутам, точный поиск, сохранение условий запроса для возможности использования группой пользователей, удобное представление результатов запроса;
- наличие эффективных средств по планированию и ведению данных проектов;
- исполнение регламентированных рабочих процессов (workflow) под управлением системы со стыковкой с подсистемами планирования работ и удобным использованием необходимых данных по изделиям;
- обеспечение единого ведения нормативно-справочной информации (НСИ), необходимой для организации работ на всех этапах жизненного цикла изделий как минимум в части, необходимой для конструкторской подготовки производства;
- обеспечение надежного хранения информации с необходимым дублированием и резервированием;
- обеспечение требуемой безопасности информации (организацию регламентированного доступа сотрудников к хранимой в системе информации, используемой при работе на всех этапах жизненного цикла изделий);
- прием технологической информации из САПР ТП (информации о ТП и его вариантах, операциях, нормах расходов времени и материалов), ее преобразование в удобную объектную форму со степенью детализации, соответствующей по структуре и содержанию требованиям передачи данных в ERP-систему;
- реализация возможностей дальнейшей модернизации как ПО, так и комплекса технических средств; также должна быть предусмотрена возможность увеличения производительности системы путем ее масштабирования;
- открытая архитектура, обеспечивающая возможность наращивания функциональности системы без привлечения разработчика, возможность гибкого доступа к данным как средствами СУБД, собственными средствами системы (API), так и сторонними приложениями;
- наличие готовых механизмов интеграции программных/информационных систем предприятия в единую информационную среду;

- единый современный интерфейс для всех категорий пользователей (операторов и абонентов), обеспечивающий доступ к БД предприятия и обмену информацией между ними в рамках одного клиентского приложения.

В течение года сотрудники АО «Уралкриомаш» описывали требования, определяли критерии отбора и в итоге произвели закупку программного комплекса по результатам процедуры конкурсного отбора поставщика, победителем которой стало ЗАО «Топ Системы». В марте 2015 г. АО «Уралкриомаш» приступило к тесному сотрудничеству с ЗАО «Топ Системы» и внедрению программного комплекса T-FLEX PLM [2].

Программные продукты комплекса T-FLEX PLM призваны автоматизировать следующие процессы:

- конструкторское проектирование;
- инженерный анализ изделий;
- управление составами изделий, конфигурациями и версиями;
- технологическую подготовку производства;
- управление проектами разработки изделий;
- технический документооборот и управление техническим архивом предприятия;
- управление сервисом.

#### Реализация проекта

Проект включает следующие этапы: подготовка проекта; разработка концепции проектного решения (эскизный проект); техническая проработка проектного решения (технический проект); реализация проектного решения (рабочий проект); опытно-промышленная эксплуатация и подготовка к сдаче в промышленную эксплуатацию; сдача в промышленную эксплуатацию.

На сегодняшний день позади уже четыре этапа проекта внедрения, группой внедрения освоено конструкторское и технологическое проектирование, оформление необходимой отчетности, ведется активное наполнение электронного технического архива, наполняются технологические справочники, тестируется модуль интеграции с ERP-системой. Специалисты компании приступили к опытно-промышленной эксплуатации системы и подготовке ее к сдаче в промышленную эксплуатацию. Внедрение каждой отдельной системы и решение локальных задач не является основной целью. Весь «жизненный цикл» изделия и сопровождающие его процессы должны проходить в едином информационном пространстве: процессы, берущие свое начало в одной системе, должны переходить и продолжаться в другой, все службы и подразделения предприятия — работать слаженно, оперативно реагировать на меняющиеся условия, обмениваться необходимой информацией. Поэтому огромное внимание уделяется процессам интеграции систем друг с другом. Интегрированные между собой системы T-FLEX DOCs, Eludia и IC как раз и составляют единое информационное простран-

ство предприятия. Любая из этих систем позволяет получить оперативный доступ к необходимой актуальной информации и быстро принимать решения. Все предприятие пользуется едиными справочниками номенклатуры, материалов, оборудования, оснащения и т. д.

Настройка системы и ее интеграция с ERP происходит с непосредственным участием специалистов предприятия, что в дальнейшем позволит полностью самостоятельно администрировать систему и модуль интеграции, вносить изменения в существующие и добавлять новые процессы, настраивать любые отчеты на основе данных системы, расширять функционал системы.

Основу проектной группы предприятия составляют три человека:

- руководитель проекта, который является постановщиком задач и координирует все работы в рамках проекта (оформляет, согласует и утверждает всю документацию по проекту, проводит обучения и консультирует пользователей по работе в T-FLEX DOCs, включая T-FLEX Технологию);

- инженер-программист (настраивает отчеты и пишет макросы под конкретные задачи, консультирует пользователей по работе в T-FLEX DOCs);

- специалист по САПР (выделенный специалист для поддержки конструкторской подготовки производства: обучение конструкторов работе в системе T-FLEX CAD и T-FLEX DOCs, консультации пользователей по работе в данных системах, ведение конструкторских библиотек, настройка единых прототипов и форматов для всего КБ). Помимо прочего все трое распределяют между собой работу по администрированию системы.

Также имеются ключевые пользователи по каждому направлению. Они были обучены сразу после старта проекта консультантами ЗАО «Топ Системы» и имеют наибольший опыт работы в системе. Их задача — помогать своим коллегам осваивать систему, администрировать закрепленные за ними справочники системы, поддерживать единую логику работы, организовывать коллективную работу, участвовать в испытаниях функционала, формировать дополнительные требования к системе в рамках своей компетенции.

Изначально предполагалось, что группа ключевых пользователей (девять человек) отработает все процессы системы на пилотном изделии (спроектированном ранее), и только потом сотрудники приступят к масштабированию и новым разработкам. Но отвлечь такую группу сотрудников от текущей работы не получилось, поэтому освоение системы проходило сразу на нескольких изделиях, согласно планам подразделений. Таким образом было потрачено больше времени на освоение, но в итоге люди получили более широкое представление о функциональных возможностях системы, а результаты данных разработок являются актуальными, востребованными и применимыми в реальном производстве.

Конструкторы достаточно быстро освоили моделирование и формирование отчетности в T-FLEX CAD, оценили параметризацию (теперь не нужно бесконечное число раз моделировать одно и то же с разными размерами) и преимущества коллективной работы в среде T-FLEX DOCs. Теперь нет необходимости копировать наработки с одной машины на другую и постоянно отслеживать их актуальность, ведь автор разработки может внести изменения в любой момент, и никто об этом не узнает.

У технологов также появилась возможность комфортно работать в едином информационном пространстве и вести совместную работу над одной технологией. И самое главное, с помощью системы T-FLEX DOCs удалось осуществить безбумажную передачу данных по изделию от конструктора к технологу (это практически исключает задержку между завершением конструкторской подготовки и началом технологической подготовки производства).

Никаких существенных доработок системы (кроме интеграции с ERP) не производилось. Все настройки (АРМы, пользовательские диалоги, новые справочники, типы объектов, параметры) выполнены администраторами АО «Уралкриомаш» при помощи штатных механизмов системы (без программирования). Механизмы настолько просты и понятны, что ими может достаточно быстро овладеть пользователь с любым уровнем подготовки. Было написано несколько макросов (с участием консультантов «Топ Систем»), которые автоматизируют некоторые рутинные процессы. Например макрос, который опрашивает определенные папки на сервере предприятия, находит необходимые файлы (по условиям) и перемещает эти файлы на файловый сервер DOCs в заранее определенное место. Или макрос, который открывает определенный ресурс в Internet и сразу осуществляет поиск по введенному в DOCs запросу.

На сегодняшний день в системе работает порядка 60 пользователей (конструкторы, технологи, сотрудники технического архива и др.). Интенсивно наполняются справочники, архивы конструкторской документации и НСИ. С вводом модуля интеграции с ERP-системой в промышленную эксплуатацию для служб производства и снабжения открывается доступ непосредственно из ERP-системы на просмотр информации в архивах КТД и НСИ, находящихся под управлением DOCs (уже не будет необходимости бежать через все предприятие до архива, чтобы ознакомиться с бумажным КТД или НСИ).

В дальнейшем планируется продолжать масштабировать уже готовые отработанные решения и развивать новые направления автоматизации процессов предприятия с помощью программного комплекса T-FLEX.

#### Результаты внедрения

Проектирование новых изделий на АО «Уралкриомаш» осуществляется силами конструкторского бюро

(КБ) общей численностью 87 человек. На начало 2014 г. основным продуктом его деятельности являлась конструкторская документация в виде чертежей, спецификаций, технических условий, эксплуатационной документации и т. д., при этом пути и средства их создания мало кого интересовали (это вызывало неоправданно завышенную трудоемкость разработок и компенсирование этих затрат происходило за счет увеличения численности конструкторов). КТД в привычном всем виде в условиях современного производства уже не являются целью работы КБ, а лишь результатом (отчетом) его деятельности. Теперь цель работы КБ — создание электронной модели изделия (ЭМИ)<sup>1</sup>, которая включает: геометрическую трехмерную модель со всеми необходимыми атрибутами классического чертежа, материалами и свойствами соответствующими или близкими к реальным; расчетную модель, разработанную путем упрощения геометрической модели; конструкторскую структуру изделия<sup>2</sup> (спецификацию).

Далее, на платформе T-FLEX DOCs системы происходит процесс «отехнологичивания» изделия. Этот процесс включает следующие задачи: определение маршрута изготовления, разработка планировок размещения основного оборудования цеха для изготовления данного изделия, описание технологической структуры изделия<sup>3</sup>, расчет норм расхода основных и вспомогательных материалов, описание технологии изготовления (описание операций, переходов, применяемого оборудования, оснастки и инструмента, определение числа и квалификации трудовых ресурсов и т. д.), проектирование нестандартной оснастки и инструмента, расчет трудоемкости изготовления и определение технологического цикла<sup>4</sup> изготовления. Эти задачи на АО «Уралкриомаш» выполняют три отдела общей численностью 25 человек (отдел главного технолога, отдел главного сварщика и отдел технического сопровождения и проектирования нестандартного оборудования). Все необходимые данные в структурированном виде передаются в модуль «Подготовка производства» ERP системы Eludia, а также из них можно формировать в автоматическом режиме различные отчеты (комплект технологической документации согласно ЕСТД, любые необходимые ведомости и перечни).

Интеграция между T-FLEX DOCs и ERP выполнена по бесшовному принципу, что соответствует концепции единого информационного пространства в рам-

ках предприятия. Авторизованный в любой из систем пользователь сможет получить доступ к справочникам и архиву (например, конструктор и снабженец будут использовать один и тот же справочник материалов, хотя и обращаться к нему из разных систем; производственный мастер, работающий в ERP-системе, получит доступ к конструкторскому архиву, который формируется в T-FLEX DOCs), а также к сквозному электронному документообороту (подразумевает возможность прохождения бизнес-процессов между системами).

Все это нацелено на наладку, укрепление и формализацию взаимосвязей между подразделениями предприятия, на упорядочивание информационных потоков и повышение функциональной управляемости отдельно взятыми подразделениями и предприятием в целом.

Уже за первый год активной реализации проекта только благодаря автоматизации процессов конструкторской подготовки производства была получена экономия средств в размере 8 млн. руб. Данный эффект достигнут за счет:

- 1) приобретения навыков работы с ПО, создания библиотек и специализированных подсистем для решения прикладных задач, что приводит к повышению производительности подразделений КБ и ОГТ (отдел главного технолога) до 30%;
- 2) прозрачности процессов, быстрого поиска требуемой информации, что способствует повышению производительности подразделений КБ и ОГТ до 30%;
- 3) автоматизации бизнес-процессов, что способствует уменьшению времени реагирования при неудовлетворительных результатах до 50%;
- 4) быстрого сбора статистической информации и автоматизации процессов формирования отчетности, что высвобождает до 70% рабочего времени;
- 5) повышения качества выпускаемых документов, что снижает число изменений в рабочем проекте на стадиях технологической подготовки и производства изделий и повышает качество выпускаемой продукции.

#### Список литературы

1. *Ширяев Н. В.* Практика внедрения PDM/PLM-решений на отечественных предприятиях // Автоматизация в промышленности. 2014. №9.
2. *Козлов С. Ю., Разумов В.* Новая версия системы T-FLEX CAD // Автоматизация в промышленности. 2014.

*Бочарникова Нина Анатольевна — специалист по автоматизации бизнес-процессов АО «Уралкриомаш».  
Контактный телефон (343) 533-56-86.  
E-mail: cryont@cryont.ru*

<sup>1</sup> Согласно ГОСТ 2.052-2006 ЕСКД Электронная модель изделия. Общие положения.

<sup>2</sup> Конструкторская структура изделия (eBOM) соответствует состоянию «как спроектировано», содержит узлы и детали, цифровое описание изделия, учитывает технические условия и требования заказчика (характеристики, условия эксплуатации и обслуживания и т. д.). Формируется при проектировании изделия, исходя из его конструктивных особенностей. Современные PLM-системы позволяют автоматизировать создание eBOM на основе структуры трехмерной модели.

<sup>3</sup> Технологическая структура - (mBOM) соответствует представлению «как изготовлено». Содержит список и число деталей, необходимых для компоновки изделия или сборки; в ней появляются детали и сборочные единицы (ДСЕ), отсутствующие в конструкторской структуре. С точки зрения производства, mBOM представляет собой набор компонентов, которые нужны для изготовления изделия, и отражает фактическую последовательность его сборки. Различные компоненты в технологической структуре могут быть потреблены, уничтожены, произведены или разобраны операциями связанных технологических процессов. Технологическая структура изделия создается на базе конструкторской и строится исходя из экономических, логистических, административных требований.

<sup>4</sup> Включает: подготовительное время + время обработки + время перемещения на следующую операцию.