

## Особенности автоматизации проектирования в средах Solid Edge и NX: опыт ЛАНИТ

Проектирование является сложным процессом последовательного, итерационного приближения к оптимальной конструкции проектируемого изделия, в котором задействовано большое количество участников. При этом в процессе проектирования создается набор инженерной документации в объеме, необходимом для производства, технического обслуживания и утилизации. В современных условиях задачи на всех этапах проектирования и технологической подготовки производства требуют автоматизации с целью повышения качества и скорости проектирования, скорости выхода изделия на рынок, снижения издержек.

На современном этапе развития системы автоматизированного проектирования позволяют не только облегчить труд конечного инженера путем автоматизации традиционно выполняемых им задач, но и дают возможность трансформировать саму методологию проектирования изделий. Именно трансформирование методологии проектирования, приведение ее в соответствие с современными стандартами скорости и качества проектирования позволило многим заказчикам компании ЛАНИТ добиться впечатляющих результатов и занять достойное место не только на российском, но и на международном рынке. ЛАНИТ является платиновым партнером компании Siemens PLM Software – подразделения Siemens Industry Automation Division, ведущего мирового поставщика программных средств и услуг по управлению жизненным циклом изделия (PLM). При внедрении САПР компания использует две системы этого производителя: CAD/CAM/CAE-систему высшего уровня NX и CAD/CAE-систему среднего уровня Solid Edge.

Появление систем, позволяющих создавать трехмерные математические модели деталей, узлов и агрегатов, открыло перед инженерными службами предприятий широкие перспективы: возможность проводить по 3D-моделям прочностные расчеты, готовить УП для станков с ЧПУ и др.

На машиностроительных предприятиях подобные системы используются чаще всего следующим образом: сначала по существующим чертежам производится трехмерное моделирование деталей, затем из этих деталей создается файл сборки. На основе полученных моделей и сборок далее проводится одно из следующих мероприятий:

- ▶ проверка изделия на собираемость;
- ▶ подготовка УП для станка с ЧПУ;

- ▶ проведение кинематического и прочностного анализа;
- ▶ получение физических и инерционных характеристик изделия;
- ▶ демонстрация модели заказчику.

При этом инженерный процесс является дискретным: моделирование деталей обычно осуществляется каждым подразделением предприятия для решения своих специфических задач, с необходимой ему степенью детализации, зачастую в разных САПР. Модели одних и тех же узлов по несколько раз создаются разными подразделениями, потому что повторное использование существующих моделей затруднено.

Как видно, при описанном выше подходе не только неоптимальным образом используются ресурсы, но и никак не решается задача собственно проектирования изделий, а также сложнейшая инженерная задача по проведению изменений. Ведь если модель создается по чертежу, то проектирование фактически уже осуществлено и осуществлено традиционным способом, а значит, при постановке изделия в серию предприятие столкнется с давно известными проблемами: изделие не собирается, затягиваются сроки проектирования и отработки изменений и т. д.

Все это происходит потому, что внедрение на предприятии САПР (неважно, среднего или высшего уровня) не заканчивается написанием специфических для данного предприятия приложений, созданием справочников, настройкой рабочих мест и т. д. Более того, внедрение может дать значимые результаты только при грамотной реорганизации всего инженерного процесса в целом. Необходимо создать на предприятии такой инженерный процесс, который будет подразумевать использование именно компьютерной технологии проектирования, а не традиционной.

Важнейшим принципом при использовании компьютерной технологии проектирования, как среднего, так и высшего уровня, является следующий: подлинником конструкторской документации должна являться модель, а не чертеж, и, соответственно, все изменения должны вноситься в модель, а не в чертеж. Данный принцип подразумевает, что чертеж является не более чем отчетом по модели на текущую дату и используется в том случае, если необходимо работать с бумажной копией документации. Его можно распечатать и подписать, передать в

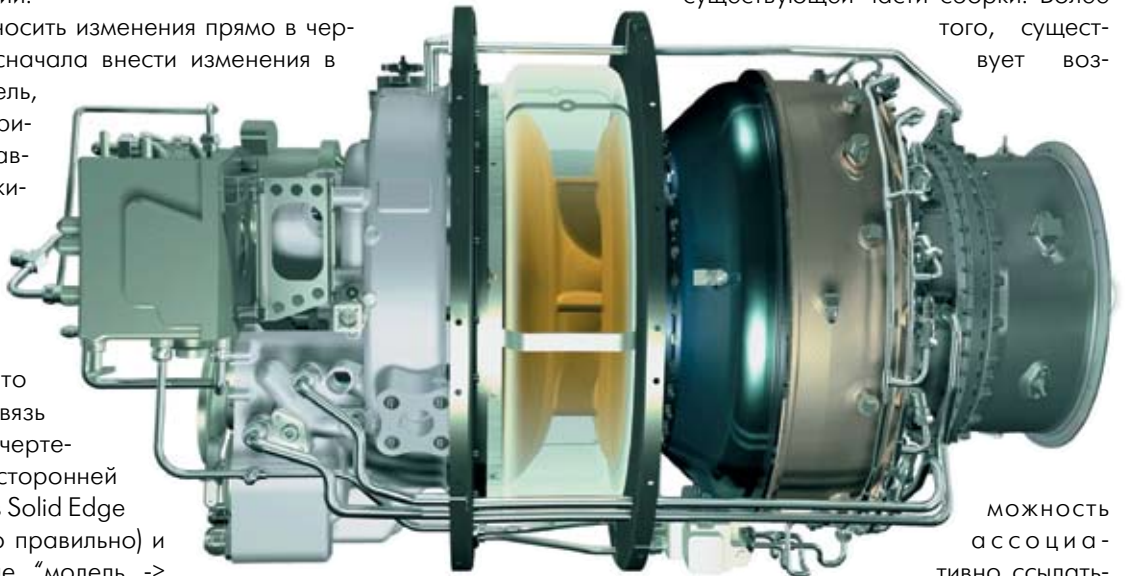
архив, или можно пользоваться бумажными документами на производстве в тех случаях, когда нет возможности работать с электронной моделью (ситуации, когда рабочие имеют возможность напрямую работать на компьютере с конструкторско-технологической базой данных, пока довольно редки на российских предприятиях). Любой обмен информацией между инженерными службами предприятия, оснащенными ПК, должен протекать в электронном виде, причем передаваться должны именно модели, а не чертежи. Нельзя допускать, чтобы по чертежам в разных подразделениях несколько раз создавались одни и те же модели. Нужно отметить, что в техническом плане реализовать подобный принцип совсем не сложно. При наличии на предприятии сети и центрального сервера-хранилища любой мало-мальски опытный администратор Windows настроит права доступа к КД для разных подразделений. Вопрос здесь, скорее, в сложившейся психологии.

Итак, нельзя вносить изменения прямо в чертеж, необходимо сначала внести изменения в трехмерную модель, а затем регенерировать чертеж в автоматическом режиме. Такой подход имеет серьезное обоснование: концепция мастер-модели подразумевает, что ассоциативная связь между моделью и чертежом является односторонней (по крайней мере, в Solid Edge и NX это так, и это правильно) и имеет направление "модель -> чертеж". Это, в свою очередь, значит, что внесение изменений "вручную" в чертеж никак не отслеживается в среде электронного макета (ЭМ) и может потянуть за собой цепь топологических нестыковок во всем электронном макете, которые затем необходимо будет увязывать вручную. Мало того, что это трудоемкая задача, на решение которой может уйти много времени, это к тому же лишает инженеров всех преимуществ использования компьютерной технологии проектирования. Почему ассоциативная связь "модель - чертеж" должна быть односторонней? Для того, чтобы обеспечить принцип целостности конструкторских данных. Конструктор является владельцем детали, и окончательное решение об ее изменении остается за ним. В случае, если на этапе технологической подготовки технолог считает, что деталь нетехнологична, он должен послать запрос на изменения конструктору, а не вносить их самостоятельно, так как это может привести к тому, что деталь потеряет свою функциональность. В случае, если сам конструктор проводит изменения, то делается это, естественно, в трехмерной модели, а затем одним кликом регенерируется чертеж. Существует также практика, при которой задачу выпуска чертежей переключают с опытных ин-

женеров, непосредственно проектирующих узлы и агрегаты, на плечи менее квалифицированных сотрудников, которые будут оформлять чертежи по предоставляемым им моделям. В таком случае никакая ручная правка чертежей тоже не допускается.

Обеспечив выполнение вышеупомянутого принципа, можно приступать собственно к проектированию изделия.

Например, Solid Edge, как САПР среднего уровня, позволяет использовать технологию проектирования в контексте. При этом инженер, решая свою конкретную задачу проектирования определенного агрегата или узла, использует информацию о топологии уже существующей части конструкции, от которой напрямую зависит топология цели его проектирования. Другими словами, он проектирует свой агрегат прямо в контексте сборки, непосредственно опираясь на информацию об уже существующей части сборки. Более того, существует воз-



Двигатель VK 800 разработан на ОАО "Климов" в системе NX, внедрение компьютерной технологии проектирования осуществляла компания ЛАНИТ

можность ассоциативно ссылаться на топологию окружения, а это, в свою

очередь, гарантирует, что при проведении изменений в конструкции (которые, естественно, будут осуществляться при проектировании и последующей модернизации) будет сохраняться топологическая зависимость данного проектируемого агрегата от окружения, что существенно экономит время и силы при отработке внесенных в конструкцию изменений, так как геометрия проектируемого узла будет автоматически пересчитываться каждый раз при внесении изменений.

Необходимо понимать, что в системе среднего уровня нельзя организовать проектирование сложного изделия с большим числом компонентов. Дело в том, инструментарий системы среднего уровня при внесении изменений в конструкцию автоматически транслирует изменения от ведущих объектов к ведомым по всему дереву сборки. Нет никакой возможности контролировать процесс распространения изменений по сборке, а это приводит ко множественным возможностям возникновения ошибок в топологии моделей, и, как следствие, вся сборка может развалиться. Ошибки возникают потому, что на корректный автоматический пересчет топологии

модели можно рассчитывать только в том случае, когда изменения затрагивают только уровень параметризации и нет изменений в дереве построения (появление новой геометрии или вырождение старой). Вышеописанная особенность ограничивает эффективное применение САПР среднего уровня областью проектирования несложных изделий (с небольшим количеством компонентов) и решения локальных задач, где ошибки при автоматизированном распространении изменений несложно выловить и отработать. Использование же САПР среднего уровня для проектирования сложного изделия, где присутствуют сложные разветвленные ассоциативные структуры, невозможно, так как сборка с высокой вероятностью будет “разваливаться” каждый раз при проведении изменений.

Кроме того, необходимо также упомянуть еще некоторые особенности технологии среднего уровня. Технология проектирования в контексте подразумевает, что проектирование каждого последующего агрегата может осуществляться только в том случае, когда уже имеется геометрия окружения, то есть спроектирована та часть сборки, от которой зависит топология конкретного проектируемого агрегата. Это означает, что технология проектирования среднего уровня является своего рода технологией линейного проектирования. В сложных изделиях определить однозначную последовательность проектирования “от агрегата к агрегату” может быть очень проблематично, а зачастую и невозможно. Кроме того, непонятно, с чего, собственно, начинать проектирование, от какого именно узла. Как провести глобальное изменение в конструкции на уровне компоновки, если что-то существенно меняется. Например, как поменять угол развала  $v$ -образного четырехцилиндрового двигателя, какую деталь для этого нужно изменить? Частично эта проблема решается в технологии среднего уровня с помощью так называемых компоновочных эскизов, но на сегодняшний день этот инструментарий может быть достаточно эффективным, опять же, при решении локальных задач и проектировании несложных изделий с небольшим количеством компонентов.

Итак, для проектирования действительно сложного изделия нужна технология, которая позволяет:

- ▶ контролировать распространение изменений: не факт прохождения изменения, а саму суть этого изменения в топологическом смысле;
- ▶ иметь гибкий механизм управления глобальными параметрами изделия, проведения глобальных изменений в электронном макете;
- ▶ обеспечить возможность одновременной работы сразу всех участвующих в создании изделия.

Эти задачи решаются с помощью системы высшего уровня.

Система высшего уровня – это система, которая, прежде всего, обеспечивает весь цикл создания изделия, от концептуальной модели до производства. Но фактором, который определяет совершенство этой системы, является то, в какой степени данная система может обеспечить одновременную работу всех участников процесса создания изделия в единой ассоциативной инженерно-проектной среде.

Например, в системе NX для проектирования сложных изделий используется существенно более мощный, чем в любой системе среднего уровня, инструментарий по работе с ассоциативными связями, а также такое понятие, как контрольные структуры.

Один из видов контрольных структур – Базовая Контрольная Структура (БКС). БКС – это основные параметры изделия, воплощенные в виде трехмерной модели. Эта модель описывает изделие на самом верхнем уровне, с большой степенью абстракции. БКС создается на этапе начальной проработки изделия и представляет собой обычную сборку NX (не существует никаких специальных инструментов для создания БКС, она представляет собой набор компонентов сборки, состоящих из обычных твердых тел, поверхностей, плоскостей, кривых и т.д.). БКС служит базовой информацией, скелетом для проектирования изделия и призвана описывать его параметры максимально полно, вплоть до уровня отдельных узлов и агрегатов, поэтому она строится иерархически. На верхнем уровне определяются основные параметры изделия, далее – системы и агрегаты, ниже – узлы и субагрегаты. В БКС входят математические модели поверхностей, определяющих внешний облик изделия, силовые и кинематические схемы, зоны размещения оборудования и геометрические примитивы, схематически описывающие конечные агрегаты: оси, плоскости и т.д. По сути, БКС является компоновочной схемой изделия, представленной в среде САПР.

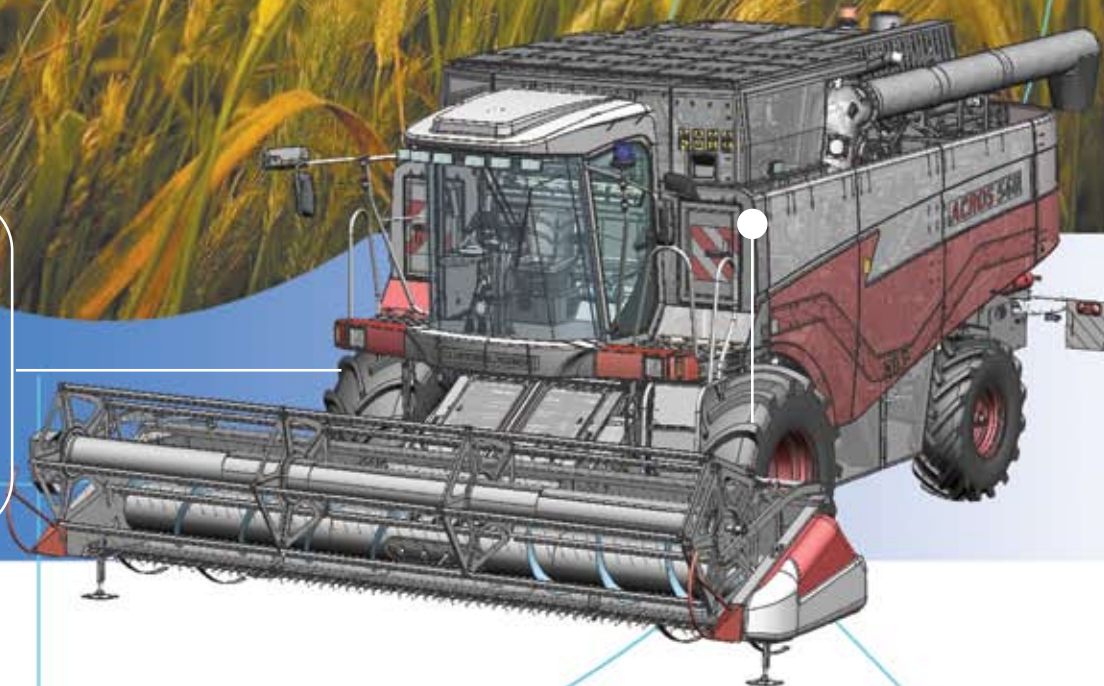
На стадии аванпроекта БКС дает возможность проанализировать основные параметры изделия, их влияние на его будущие характеристики, а также позволяет выбрать наиболее рациональную компоновку. БКС – это живая, интеллектуальная структура, созданная с использованием множества ассоциативных связей и параметрических зависимостей одних элементов от других. Прелесть БКС заключается в том, что она описывает не одно конкретное проектируемое изделие, а целый класс подобных изделий. Отдельно взятое же конкретное изделие можно получить путем пересчета параметров в значительной степени в автоматизированном режиме. В формировании БКС участвуют главный конструктор, начальники отделов, профильные специалисты с большим опытом. БКС – это и есть аккумулирование опыта о данном классе изделий в виде интеллектуальной электронной модели.

На этапе рабочего проектирования БКС активно используется не только как базовая информация для проектирования отдельных узлов и деталей, но также является управляющей структурой для всего электронного макета в целом. Не секрет, что в процессе проектирования необходимо постоянно проводить множество изменений, которые могут касаться конструкции как на локальном уровне, затрагивающем небольшое количество деталей (например, изменение связанных диаметров для пары вал-втулка), так и на глобальном уровне, затрагивающем конструкцию в целом (изменения на уровне компоновки изделия). Проектирование с использованием БКС позволяет сначала изменить электронную компоновку изделия, а затем, с помощью специализированного инструментария NX, управляемо транслировать эти измене-



## Внедрение компьютерной технологии проектирования и технологической подготовки производства

Серия зерноуборочных комбайнов Acros спроектирована на ООО "Комбайновый завод "Ростсельмаш" в системе NX™. Внедрение компьютерной технологии проектирования осуществляла компания ЛАНИТ



Ведущий российский интегратор PLM-решений осуществляет комплексные проекты на предприятиях сложного наукоемкого машиностроения

ЛАНИТ использует продукты компании Siemens PLM Software - мирового лидера в области поставки PLM-решений



- NX™
- Teamcenter®
- Solid Edge®

Solution Partner

PLM

SIEMENS

Channel Sales

По итогам 2007 и 2008 годов ЛАНИТ признан лучшим партнером Siemens PLM Software в регионе EMEA (Россия, Европа, Ближний Восток и Африка)

ЛАНИТ, департамент САПР, (495) 787-29-59, (499)265-50-65, [www.cadcam.lanit.ru](http://www.cadcam.lanit.ru), [cadcam@lanit.ru](mailto:cadcam@lanit.ru)

ния на подробный электронный макет, отдельные элементы которого, в зависимости от решения конструктора, могут быть пересчитаны либо в автоматизированном режиме, либо модифицированы вручную.

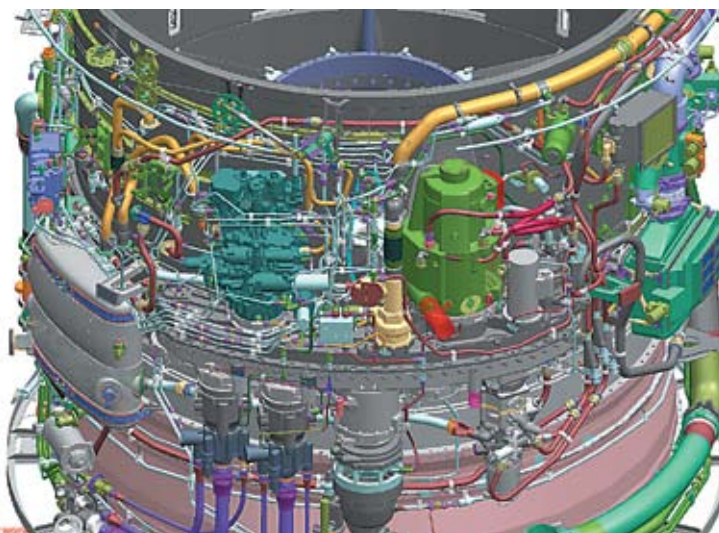
БКС и электронный макет представляют собой две разные сборки. И если БКС – это концептуальная схема изделия, то электронный макет (после завершения проектирования) – это математические модели абсолютно всех узлов, составляющих изделие, полностью отвечающие своим реальным физическим прототипам. ЭМ является полным подлинником КД об изделии и содержит информацию, достаточную для проведения ТПП, техобслуживания и т.д.

При проектировании в NX работа непосредственно в электронном макете не ведется. Собственно проектирование инженер осуществляет в так называемой Личной Контрольной Структуре (ЛКС). ЛКС – это сборка, которая формируется

самим инженером, то есть каждый инженер имеет свою собственную ЛКС. Получается, что в информационной среде существует одна БКС, один ЭМ и множество ЛКС. В ЛКС создается контекст для конструирования, в который входят элементы БКС, а также существующие на данный момент элементы ЭМ. При этом инженеру закрыт доступ на запись и в БКС, и в ЭМ. После завершения проектирования специальная служба, отвечающая за ведение электронного макета, помещает математическую модель агрегата в электронный макет. Такой подход позволяет быть уверенным, что инженер случайно не испортит ЭМ или БКС.

Проведение же глобальных изменений осуществляется следующим образом. Изменения вносятся в БКС. При этом каждая ЛКС ассоциативно связана с БКС и ЭМ. Как только в любой из этихборок (БКС или ЭМ) происходят изменения, затрагивающие агрегат, который проектировался определенным инженером, этот инженер получает сигнал о том, что математическая модель его узла более не актуальна. Теперь у него есть два пути, как пропустить изменения в математическую модель: либо позволить системе пересчитать ее автоматически, предварительно проанализировав (ведь она ассоциативно связана с геометрией окружения и базовой информацией), либо провести изменение вручную. Таким образом, любое изменение обрабатывается именно тем инженером, который проектировал данную деталь. Очень важно, что изменения не распространяются по всей цепочке автоматически, что позволяет избежать неконтролируемого распространения ошибок, но при этом процесс проведения изменений максимально автоматизирован.

Важно, что в процессе отработки изменений NX не создает новый релиз, а, имея внутри одного файла два состояния детали с возможностью плавного перехода из одного в другое, позволяет гибко проанализировать это изменение. Кроме того, в NX имеется графический просмотрщик ассоциативных связей, что является мощным инструментом для устранения коллизий в процессе проведения изменений.



Двигатель ПС-90-А2 разрабатывается на ОАО «Авиадвигатель» в системе NX, внедрение компьютерной технологии проектирования осуществляла компания ЛАНИТ

Необходимо также отметить, что на сегодняшний день реализация подобной технологии проектирования сложных изделий возможна только в NX. NX – это система, которая не только является инструментом для выполнения инженерных задач на протяжении всего жизненного цикла изделия, но и позволяет организовать такой процесс проектирования, при котором каждый участник на всех стадиях работает в контексте изделия, разрабатываемого в едином виртуальном пространстве, при этом все наблюдают работу друг друга. Детальный электронный макет изделия ассоциативно связан с БКС, которая, по сути, является электронной компоновкой, что позволяет проводить глобальные изменения в конструкции и на поздних этапах проектирования, и для выпуска модификаций именно на уровне компоновки, а затем управляемо транслировать их в электронный макет. Уникальность NX заключается и в том, что такую технологию проектирования можно построить и без применения системы PDM – благодаря особому построению ядра NX. Говорит за себя и тот факт, что практически все российские предприятия авиастроения и авиационного двигателестроения используют NX.

Внедрение технологии проектирования сложных изделий с использованием контрольных структур – сложная задача как с организационной, так и с технической точек зрения. На освоение такой технологии может уйти немало времени. Но с другой стороны, владение такой технологией дает предприятию неоспоримые конкурентные преимущества в своей отрасли. В нашей практике есть примеры, когда после внедрения у предприятия просто не оставалось конкурентов, так как никто не мог тягаться с ним в скорости, качестве и стоимости выполнения заказов. Компания ЛАНИТ осуществила немало таких внедрений в Российской Федерации, что позволяет ей гарантировать высокое качество исполнения проектов и достижение запланированных целей.

Д. П. Володин, компания ЛАНИТ