

Юбилейное издание



ИНЖЕНЕРНЫЙ КОНСАЛТИНГ

КАТАЛОГ ПРОЕКТОВ

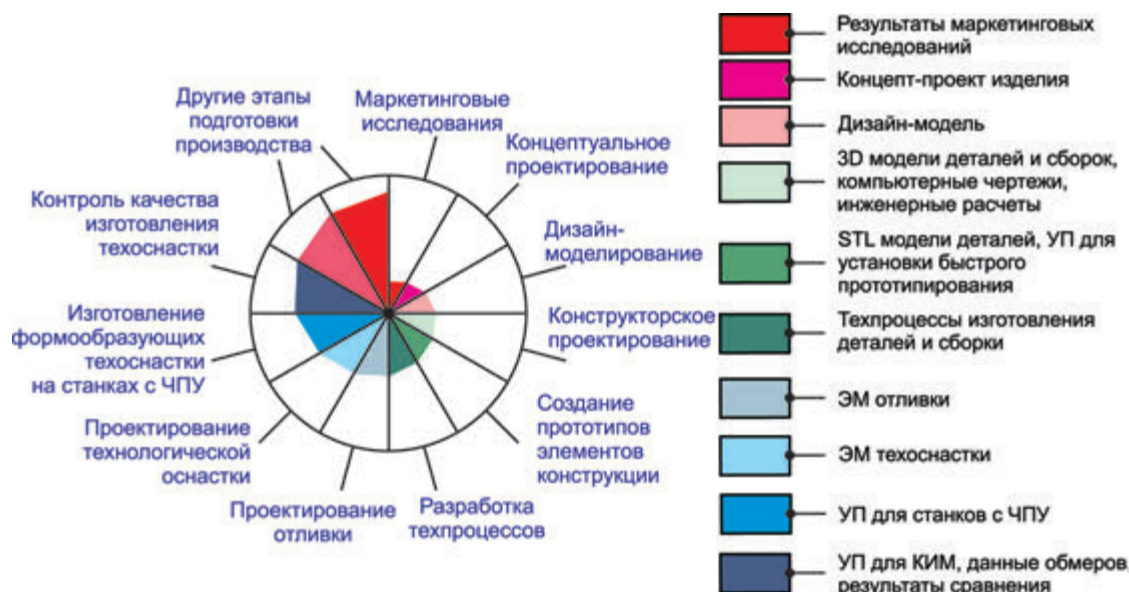
Инженерно-консалтинговая компания «Солвер»
2013 г.

Создание прототипа автоматизированной системы подготовки производства на этапах дизайна, конструкторского и технологического проектирования кузовных деталей автомобиля ИЖ-2126



Для успешной деятельности и развития современного промышленного предприятия его стратегия должна отвечать таким целям, как повышение конкурентоспособности продукции, сокращение сроков выхода продукции на рынок, сокращение общих затрат на производство. Разработка и подготовка производства изделий, определяющих профиль предприятия, являются основными этапами, влияющими на решение этих задач. Т.к. данная сфера находится в ведомстве технических служб (конструкторских и технологических отделов), то у главных специалистов предприятия обычно складывается «узко технический» взгляд на подходы к решению этих задач, особенно при рассмотрении вопросов внедрения новых информационных технологий (ИТ). Внедрение ИТ зачастую понимается как оборудование группы автоматизированных рабочих мест (АРМ) и их соединение сетевым кабелем. Из рассмотрения выпадает методологический аспект: эволюция ИТ привела к смене принципов проектирования высокотехнологичных промышленных изделий и взаимодействия специалистов, участвующих в этом процессе. Это проявляется в том, что в технической подготовке производства объектом разработки становится не комплект КД, а электронное описание изделия. В связи с этим на предприятиях выявляются следующие проблемы:

- отсутствие единых методик создания и использования трехмерной электронной модели изделия;
- отсутствие регламентирующих документов, определяющих структуру и закрепляющих статус электронной модели (ЭМ) изделия в роли первоисточника инженерных данных;
- низкий уровень организации взаимодействия между специалистами различных проектных подразделений;
- низкая техническая оснащенность проектных подразделений.

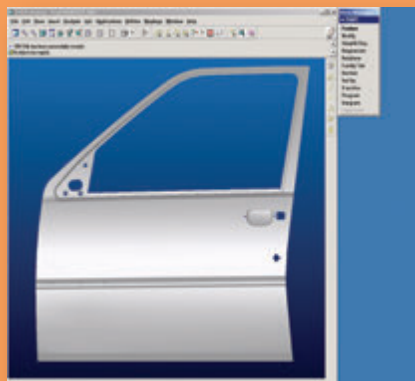


Что такое экспериментальный проект?

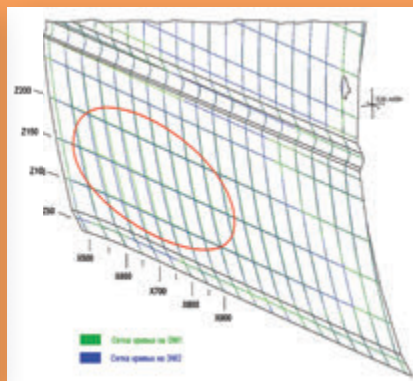
Специалисты «Солвер» в тесном сотрудничестве со специалистами предприятия решают конкретную конструкторско-технологическую задачу, актуальную для предприятия и выбранную руководством предприятия, с использованием системы сквозного параллельного проектирования и подготовки производства Pro/ENGINEER.

Реализация проекта не требует от предприятия больших финансовых вложений. Предприятие получает возможность проверить технологичность программного комплекса, его «встраиваемость» в уже существующие и новые технологические цепочки, определяются организационные изменения, необходимые для успешного решения поставленной задачи.

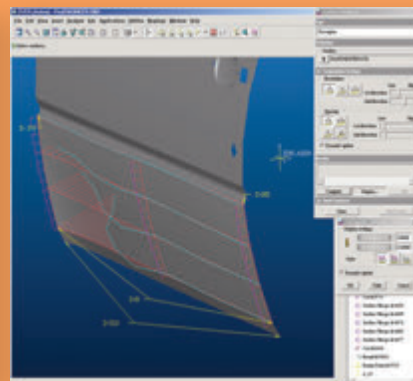
Результаты проекта всесторонне обсуждаются с руководителями предприятия в контексте «было-стало» с подробной оценкой технико-экономического эффекта от реализованных изменений, их соответствия стратегическим целям заказчика, перспектив дальнейшего использования в бизнесе предприятия. Данный подход позволяет сформировать адресное предложение на поставку необходимых инструментальных средств проектирования и производства, определить перечень работ по проектам внедрения.



2



3



4

1. Схематическое отображение процесса роста информационного содержания электронной модели изделия: этапы проектирования и присоединяемые к ЭМ информационные объекты

2. Электронная модель левой передней двери, выполненная в Pro/ENGINEER по бумажным чертежам, созданным ранее

3. Область наибольших отклонений ЭМ1 и ЭМ2

4. Кривизна поверхности по U-V направлениям

Подобные проблемы приходится решать и Ижевскому автозаводу (ОАО «ИЖ-АВТО», г. Ижевск). Благоприятная ситуация, сложившаяся на российском автомобильном рынке, подтолкнула руководство предприятия к проведению программы модернизации базовой модели ИЖ-2126 и, как необходимое условие для этого, — к развитию сферы проектирования на предприятии. Технологический аспект реализации программы на предприятии заключается в разработке и освоении методологии информационного обеспечения всего жизненного цикла изделия на базе современных информационных систем и технологий. Для решения этих задач были привлечены специалисты инженерно-консалтинговой компании «Солвер», а главной целью совместного Экспериментального проекта была выбрана проработка организационно-методологических принципов, регламентирующих организацию работы с электронными моделями деталей. Работы по проекту включали в себя:

- методологическую часть: определение статуса ЭМ изделия, порядка ее разработки и требований к ней, правил информационного сопровождения ЭМ на ранних стадиях жизненного цикла изделия;
- практическую часть: создание ЭМ левой передней двери автомобиля ИЖ-2126 (освоенной в промышленном производстве без электрон-

ного сопровождения) различными методами (по КД и путем обмера), сравнительный анализ этих методов; проработку методики создания и модификации ЭМ.

Методология электронного описания изделия. Определение технологий, объектов и методов

Проектная деятельность «ИЖ-АВТО» является одной из основных сфер деятельности предприятия, о чем свидетельствуют почти 30-летний опыт работы Ижевского автомобильного КБ. В ходе выполнения проекта было необходимо установить ее методологическую связь с другими областями деятельности предприятия — анализом рынка, управлением производством и сбытом продукции. В основе стратегии развития сферы проектирования и подготовки производства (ППП) была положена методика реинжиниринга и автоматизация бизнес-процессов (т.е. совокупности операций над материальными и информационными потоками), обеспечивающих жизненный цикл изделия (совокупность этапов, проходимых изделием от выявления потребности рынка и производства до эксплуатации и последующей утилизации). Эти подходы позволяют усилить взаимосвязи между отдельными компонентами корпоративной структуры, между стадиями жизненного цикла изделия,

обеспечивают построение оптимальных бизнес-процессов.

Информационный аспект реализации бизнес-процессов, как правило, отражается в форме документооборота. Для создания новой методологии проектирования специалистами «Солвер» было предложено использовать интегрированные информационные модели продукции и процессов, не имеющие прямых аналогов в традиционном бумажном документообороте и простейших формах электронного документооборота (основанного на использовании электронных образов всё тех же бумажных документов). А в качестве основы для формирования моделей продукции и процессов использовать принципы CALS-технологий, которые в настоящее время находят широкое применение за рубежом и в России. Весь объем информации об изделии в соответствии с принципами CALS-технологий можно распределить по этапам его жизненного цикла следующим образом:

- конструкторские данные — сведения о составе изделия, о его геометрических моделях, о связях и соотношениях в структуре изделия и т.д.;
- технологические данные — сведения о способах изготовления и контроля качества изделия и его компонентов в процессе производства, ассоциированные с информационными объектами, описывающими изделие и его компоненты;

- производственные данные;
- данные о качестве;
- логистические данные;
- эксплуатационные данные.

Необходимость быстрой обработки большого объема разнотипной информации, используемой в процессах ППП и находящейся в ассоциативной связи, предполагает переход к электронной форме ведения проектных работ, активному использованию электронных информационных объектов. Для решения этой задачи специалистами «Солвер» предложено использовать полное электронное описание изделия (ПЭОИ), которое интегрирует информацию от всех подразделений предприятия, участвующих в процессе создания изделия, включает в себя информационные блоки и ассоциативные связи между ними. У специалистов подразделений появляется возможность в любой момент получать актуальные данные об изделии и процессах работы над ним. В дальнейшем определенные компоненты ПЭОИ могут быть использованы также поставщиками и сервисными организациями.

Методологическую основу электронного описания изделия составляют EPD-технологии (Electronic Product Definition), в соответствии с которыми, вся информация, относящаяся к одному изделию, структурируется по типу, назначению и увязывается с последовательностью бизнес-процессов обеспечения жизненного цикла изделия (в соответствии со структурой самого изделия). Реализация EPD-подходов на современном машиностроительном предприятии непосредственно связана с внедрением новых информационных технологий, основными инструментальными средствами которых являются системы CAD/CAM/CAE/PDM. Для построения единой системы информационного сопровождения изделия необходимо выполнение ряда условий, среди которых — полная совместимость применяемых программных продуктов и используемых ими форматов представления данных. Такие требования и положены в основу CALS-технологий. Применение информационных моделей и стандартизованных методов доступа к данным служат основой для эффективной информационной кооперации всех участников жизненного цикла высокотехнологичных изделий, к которым и относится автомобиль.

Специалистами «Солвер» были предложены (на основе продуктов компании PTC) следующие методы, основанные на EPD-подходе:

- параллельный инжиниринг (Concurrent Engineering) — метод, при котором специалисты различных прикладных областей работают в режиме распараллеливания бизнес-процессов;
- гибкий инжиниринг (Flexible Engineering) — метод разработки изделия и подготовки его производства с помощью электронного моделирования, не прибегая к созданию физических моделей-прототипов;
- Collaborative Product Commerce (CPC) — метод функционирования, позволяющий организовать сопровождение продукции на базе Интернет-технологий.

Электронная модель изделия

Специалистами «Солвер» было предложено методологически разделить ПЭОИ на две взаимосвязанные составляющие:

- ЭМ изделия — совокупность информационных объектов, включающую конструкторскую, технологическую и иную информацию об изделии от всех участков процесса проектирования;
- ЭМ процесса проектирования — совокупность информационных объектов, включающую информацию о методах, правилах (согласования, утверждения, внесения изменений) и участниках процесса проектирования.

Обе модели интегрируются в единое целое посредством системы класса PDM (Product/Project Data Management), например Windchill.

ЭМ изделия включает все данные об изделии: трехмерные твердотельные модели CAD, конечно-элементные модели для аналитических расчетов, описание техпроцессов, особенностей функционирования изделия и т.п. Состав и структура ЭМ изделия изменяются в процессе жизненного цикла: на каждом этапе к ЭМ добавляются новые компоненты (рис. 1). Их перечень и описание приводится в международных стандартах ISO. В соответствии с ISO 10303 ЭМ изделия, включает в свой состав следующие блоки информации:

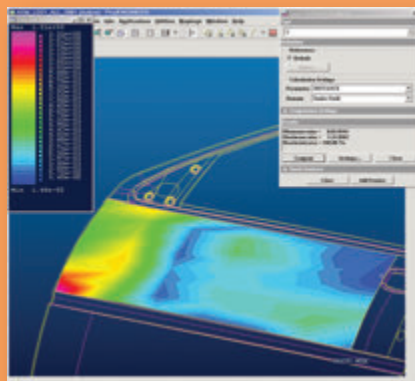
- геометрические данные (твердотельные поверхности с топологией, фасеточные поверхности и т.п.);
- информация о конфигурации изделия и административные данные (идентификаторы предприятия, данные о вариантах состава и структуры изделия; данные об изменениях конструкции и информация о документировании этих изменений и т.д.);
- инженерные данные, подготовленные с помощью различных программных продуктов в различных форматах.

В состав перечисленных компонентов могут входить следующие информационные объекты:

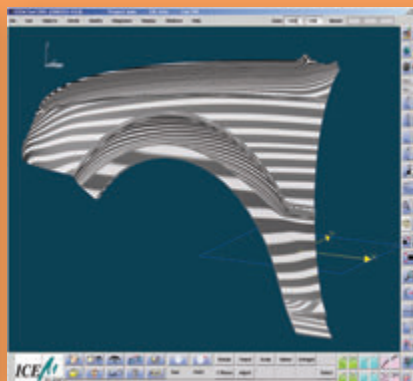
- трехмерная геометрическая модель объекта (или математическая модель) — электронный носитель информации о геометрической форме объекта проектирования (детали), который однозначно определяет координаты и вектор-нормали любой точки на поверхности формы. Модель также хранит в себе историю построения, что позволяет изменять форму поверхности или объемного тела методом изменения численных значений параметров или замены элементов, входящих в его историю;
- двухмерный аналог трехмерной геометрической модели объекта — электронный носитель информации о геометрической форме объекта, ассоциативно связанный с его 3D-моделью; представляет собой проекцию 3D-модели на пространственную плоскость и является основой для построения конструкторского чертежа;
- электронный макет изделия — совокупность взаимосвязанных 3D-моделей деталей, узлов и систем изделия. Макет создается на базе комплекса CAD/CAM/CAE-систем высокого уровня (например, Pro/ENGINEER). Макет аккумулирует в себе основной объем конструкторских данных об изделии: геометрические данные, информацию о взаимодействии деталей, узлов (кинематика, динамика), а также технологическую информацию;
- компьютерный чертеж — копия традиционного «бумажного» чертежа, входящего в комплект конструкторской документации;

«Совместная работа специалистов «ИЖ-АВТО» и «Солвер» позволила качественно и в короткие сроки решить ряд текущих задач предприятия. Мы планируем использовать уникальный опыт компании «Солвер» и продолжить наше сотрудничество в формате проектов внедрения».

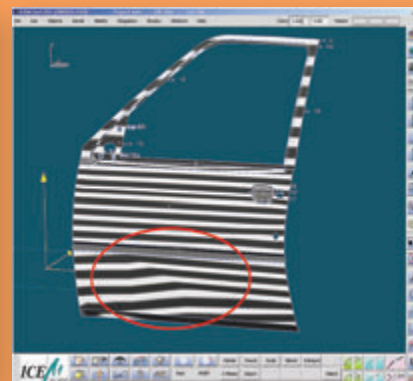
**Валерий
Иванович Сараев,
директор по развитию
ОАО «ИЖ-АВТО»**



5



6



7

5. Анализ различных ЭМ1 и ЭМ2 средствами Beheverial Modeler

6. Переднее крыло разработано по данным обмера в ICEM Surf

7. Анализ качества поверхности детали, импортированной из Pro/ENGINEER в ICEM

- управляющая программа (УП) для станка с ЧПУ — набор управляющих инструкций в кодах станка с ЧПУ. УП сопровождается расчетно-технологической картой;
- программа контроля — набор управляющих инструкций в кодах координатно-измерительной машины (КИМ), предназначенных для контроля геометрии изделия;
- данные замеров — набор координат точек, кривых, поверхностей, полученных в результате обмеров детали на координатно-измерительной машине, оформляются в виде стандартного протокола замеров.

Таким образом, трехмерная геометрическая модель является:

- источником информации о геометрии детали/изделия;
- основой для получения конструкторской документации посредством двухмерного аналога;
- объектом для осуществления инженерного анализа и проведение контрольно-измерительных работ;
- источником информации для разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- источником информации, которая может быть получена с ее помощью и использована специалистами предприятия в процессе подготовки производства и изготовления детали/изделия.

Статус электронной модели изделия

Зарубежные специалисты признали, что современные ИТ проектирования способны полностью изменить процесс создания новых автомобилей, начиная с этапа проработки дизайн-проекта.

Изготовление масштабных макетов из пластилина ныне считается не более чем абстрактным упражнением. Технологии CAS/CAD/CAM позволяют полностью исключить этот этап из цикла проектных работ по созданию современного автомобиля, так же как и рисование гуашевых эскизов или вычерчивание формообразующих линий по лекалам.

ЭМ изделия, являясь сегодня основой для разработки и внедрения новых технологий, концепций и принципов проектирования промышленной продукции (PDM, CALS, CPC и др.), позволяет на многих этапах жизненного цикла изделия значительно сократить выпуск бумажной документации. К ЭМ изделия фактически перешли функции, принадлежавшие ранее комплектам конструкторской и технологической документации. В связи с этим специалистами «Солвер» было предложено рассматривать ЭМ изделия в качестве объекта проектирования: разрабатываться должна именно модель изделия, а не конструкторская документация, как это было до сих пор принято на «ИЖ-АВТО». При этом ЭМ изделия является основой для создания ПЭОИ.

Итак, специалистами «Солвер» был определен статус электронной модели изделия следующим образом:

Электронная модель изделия в рамках новых технологий, концепций и принципов проектирования приобретает статус комплекта первичных документов о составе, структуре и свойствах самого изделия. Эта модель является базой для структурированного описания процессов и участников жизненного цикла разрабатываемого изделия.

Методика разработки ЭМ нового изделия

1. Разработку нового изделия (либо модернизацию существующего) было предлагается осуществлять в форме проекта. Для выполнения подобного проекта в рамках существующей организационной структуры выделяется проектная группа, состоящая из специалистов в различных областях знаний: специалист по маркетингу, конструктор, технолог и т.д. Управление проектной группой осуществляется ведущим специалистом предприятия «ИЖ-АВТО», знакомого с особенностями проведения подготовки производства. Руководителем проекта назначается конструктор-разработчик данного изделия, он же несет полную ответственность за организацию деятельности проектной группы и результаты работы.
2. Основой для начала работ является перечень требований к проектируемому изделию. Согласно предлагаемому «Солвер» подходу требования к проектируемому автомобилю предь-

являются заказчиком проекта. Заказчик по отношению «ИЖ-АВТО» может являться либо внутренним (например, отдел маркетинга «ИЖ-АВТО»), либо внешним (независимое от «ИЖ-АВТО» юридическое лицо). Предъявленные требования (например, результаты маркетинговых исследований в виде .doc-файла) могут стать первым «кирпичиком» электронной модели изделия.

3. В соответствии с требованиями создается концепция автомобиля, над которой начинает работать дизайнер. Следуя принципу свободного дизайн-моделирования (free-form modeling), он создает дизайн-модель автомобиля в системе автоматизированного стайлинга (система CAS, например, ICEM Surf) с учетом общепринятых правил и личных представлений о форме данного класса изделий. Возможности использования технологии свободного дизайн-моделирования были продемонстрированы специалистами «Солвер» в системе ICEM Surf на примере разработки детали «Рукоятка рычага переключения передач» и элемента «Задняя часть экстерьеря варианта «Универсал». На этапе дизайнерской проработки для оценки эргономики проектируемых изделий по ЭМ были изготовлены прототипы деталей «Рукоятка», «Крыло» и «Левая передняя дверь» на установочного быстрого прототипирования (Rapid Prototyping – RP) FDM 3000 фирмы Stratasys Inc.

4. ЭМ, созданная дизайнером, затем передается для конструкторской проработки (разработки компоновочной схемы, конструктивных элементов и т.д.), с применением комплекса CAD/CAM/CAE (например, Pro/ENGINEER). ЭМ может быть разделена на несколько составляющих, в соответствии со структурой разрабатываемого изделия (по элементам, деталям), что позволяет использовать технологию параллельного инжиниринга. По окончании этапа конструкторской проработки для оценки качества конструктивных решений также может быть изготовлен макетный образец по технологии RP.

5. На следующем этапе технолог пополняет ЭМ изделия технологической информацией, составляя техпроцессы для изготовления деталей и сборки изделия. Далее ход работы подчиняется специфике процессов проектирования конкретного вида изделий. Так, по ЭМ техоснастки в системе CAM (например, модуля Pro/NC для генерации УП для многокоординатных фрезерных станков с ЧПУ и промышленных роботов) могут быть созданы управляющие программы. А затем на станках с ЧПУ изготавливаются формообразующие элементы технологической оснастки. Данная технология также была опробована в ходе Экспериментального проекта для изготовления макета сборки передней крыла и двери автомобиля на гравировально-фрезерном станке с ЧПУ. Для контроля качества изготовления технологической оснастки используется контрольно-измерительное оборудование. Контроль осуществляется путем автоматического сравнения данных замера с эталонной ЭМ.
6. Для оптимизации взаимодействия специалистов проектной группы и для контроля над выполнением работ руководителем проекта могут быть использованы специальные инструментальные средства. При разработке сложных объектов (в автомобильной, авиационной, судостроительной отраслях), а также при подключении к проекту внешних разработчиков – это системы класса PDM (например, Windchill). А при разработке объектов средней сложности силами самого предприятия – это системы управления инженерными данными (например, Pro/INTRALINK). Специалисты «Солвер» обладают опытом работы и внедрения этих систем.

Анализ технологий разработки электронных моделей кузовных деталей

Перед «ИЖ-АВТО» стоит задача модернизации серийного автомобиля. Для этого необходимо решить следующие задачи:

1. модернизация АРМ и выбор инструментальных средств проектирования;
2. проработка единых правил работы с ЭМ специалистов различных подразделений;
3. проработка процедуры создания ЭМ деталей (изделий), уже освоенных в производстве традиционными методами.

Для решения двух первых задач специалистами «Солвер» был предложен программный комплекс Pro/ENGINEER. Мировой опыт показывает, что программные продукты и решения компании PTC позволяют реализовать полный цикл разработки высокотехнологичного изделия (в частности, автомобиля), от эскизного проекта или дизайнерской проработки до изготовления технологической оснастки и собственно изделия.

В качестве объекта для решения третьей задачи была выбрана «Левая передняя дверь автомобиля ИЖ-2126», две электронные модели которой необходимо было создать по различным технологиям:

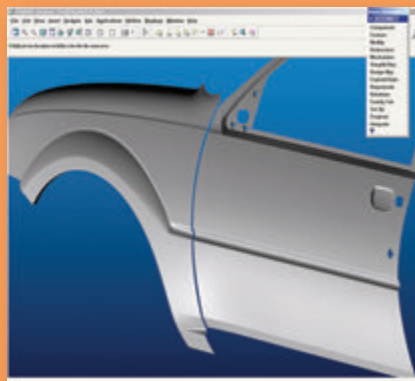
- моделирование по информации, полученной по чертежам;
- моделирование по данным обмера физической мастер-модели на КИМ.

При решении этой задачи по первой технологии использовались конструкторские модули Pro/ENGINEER: Pro/ENGINEER Foundation, Pro/SURFACE, Advanced Assembly Extension. А для решения проблемы, которая заключалась в построении цилиндрической поверхности заданного радиуса по произвольным точкам, принадлежащим поверхности, и традиционно решаемой геометрическим способом, приводящим к громоздким дополнительным построениям, использовались возможности модуля Beheverial Modeler. С его помощью были заданы аналитические зависимости и рассчитано геометрическое место точек оси искомой поверхности. 3D модель левой передней двери автомобиля (ЭМ1), созданная по первой технологии представлена на рисунке 2.

Для разработки электронной модели (ЭМ2) детали по второй технологии использовались данные обмера физической мастер-модели координатно-измерительной машиной OPTON (типа SMM-MT-C фирмы ZEISS) и модули

«Полученные в совместном Экспериментальном проекте результаты имеют практическую ценность. Мы убедились в эффективности применения современных программных средств дизайн-проектирования и оборудования для быстрого прототипирования, предлагаемых фирмой «Солвер», при разработке элементов экстерьера и интерьера автомобиля. Приобретенные знания и опыт уже используются нашими специалистами для решения текущих производственных задач по модернизации серийного автомобиля ИЖ-2126».

Сергей Никитич
Самохвалов,,
заместитель главного
конструктора по дизайну
ОАО «ИЖ-АВТО»



8



9



10

8. Стыковка деталей «Крыло» и «Дверь» в Pro/ENGINEER

9. Изготовление макета переднего крыла и двери на гравировально-фрезерном станке

10. Сборка прототипов деталей «Крыло» и «Дверь», изготовленных на установке FDM 3000 фирмы Stratasys Inc.

Pro/ENGINEER Foundation, Pro/SCAN-TOOLS, Import Data Doctor, Interactive Surface Design. Как правило, в процессе сканирования физических поверхностей получают «зашумленные» данные («облако точек»), поэтому они были обработаны средствами модуля Pro/SCAN-TOOLS. В итоге была получена полноценная высококачественная поверхностная модель.

Затем стандартным набором средств анализа в Pro/ENGINEER (модули Pro/ENGINEER Foundation, Pro/VERIFY, Pro/INTERFACE) было проведено сравнение полученных ЭМ. Результаты сравнений показали, что наибольшие отклонения находятся в точках, соответствующих на ЭМ1 области протяженных поверхностей, которые были построены при недостаточной полноте данных в КД, только по граничным кривым.

Наибольшие отклонения по результатам сравнений выявлены в области одной из поверхностей ЭМ1 (рис. 3). Используемые программные модули позволили построить график изменения кривизны опорных линий этой поверхности, а также отобразить кривизну этой поверхности по U-V-направлениям (рис. 4).

Для минимизации отклонений необходимо ввести в КД дополнительные данные, например, сечения или контрольные точки с плазовых чертежей. В результате этого характер поведения поверхности в данных координатах будет в большей степени соответствовать мастер-модели и позволит сохранить так называемые тенденции формы.

Также был выполнен дополнительный анализ различий моделей ЭМ1 и ЭМ2 средствами модуля Beheverial Modeler путем определения полного поля отклонений сравниваемых поверхностей. Отличие данного анализа от предыдущего состоит в том, что в первом случае сравниваются расстояния между точками в соответствующих узлах заданной сетки и, следовательно, имеет дискретный характер. Во втором случае анализ дает общую картину отклонений, так как используются весь континуум точек, принадлежащих поверхностям (рис. 5).

По результатам сравнений сделаны следующие выводы:

- обе модели имеют достаточно высокую повторяемость характерных свойств поверхностей;
- отдельные значительные отклонения ЭМ1 и ЭМ2 носят локальный характер, что неизбежно при недостаточности данных о способе задания геометрии поверхности;
- результаты сравнений следует рассматривать с учетом того, что базовые точки моделей различны, а это приводит к неизбежным ошибкам при совмещении моделей и объективно снижает достоверность результатов сравнений.

Методика разработки электронной модели изделий, освоенных в промышленном производстве

Задачу создания электронной модели для деталей, освоенных в промышленном

производстве можно отнести к классу специфичных задач «инверсной инженерии» (reverse engineering). Этот класс задач вызван необходимостью автомобильной промышленности в сопряжении традиционных технологий создания внешнего дизайна (с помощью моделей-макетов) и современных компьютерных методов трехмерного моделирования. На основе работ, проведенных в рамках проекта, специалистами «Солвер» была предложена методика создания ЭМ изделия, освоенного в промышленном производстве без соответствующего электронного сопровождения.

Процесс создания ЭМ изделия включает следующие этапы:

1. Создание электронной модели по конструкторской документации.

КД деталей сложной геометрии (в первую очередь кузовных), которая в свое время была изготовлена без применения средств компьютерного моделирования и анализа, как правило, не содержит достаточной информации для адекватного построения сложных геометрических объектов. Поэтому первым этапом является создание ЭМ деталей по имеющейся КД, при этом неизбежны процедуры согласования и уточнения КД, которые позволяют приблизить модель к требованиям дизайнера-проектировщика.

Необходимые средства: Pro/ENGINEER Foundation, Pro/SURFACE, Advanced Assembly Extension;

2. Обмер мастер-модели на измерительной машине. Осуществляется при наличии физической мастер-модели детали.

Необходимые средства: контрольно-измерительное оборудование, которое может обеспечить достаточную точность и скорость замеров (например, КИМ фирмы Starrett);

3а. Импорт данных обмера в Pro/ENGINEER и их обработка;

Необходимые средства: Pro/ENGINEER Foundation, Pro/SCAN-TOOLS, Import Data Doctor, Interactive Surface Design, Beheverial Modeler;

3б. Импорт данных обмера в CAS-систему и редактирование геометрии.

Необходимые средства: Pro/INTERFACE, ICEM Surf.

Этот этап можно рассматривать как альтернативу предыдущему либо как процесс последующего «выглаживания» кривых и поверхностей. Так, в рамках выполнения Экспериментального проекта, в ICEM Surf выполнено моделирование поверхности переднего крыла автомобиля по данным сканирования физического прототипа (рис. 6), а также анализ качества геометрии поверхности детали «Дверь», импортированной из Pro/ENGINEER в ICEM Surf (рис. 7). Анализ выявил определенные недостатки, подтверждающие выводы, сделанные при контрольном сравнении электронных моделей ЭМ1 и ЭМ2 (это было описано ранее). Область «неровностей» (выделена на рис. 7) соответствует области наибольших отклонений геометрии поверхностей в ЭМ1 (выделена на рис. 3). Специалисты Ижевского автозавода признают, что готовые детали в местах сложной геометрии имеет подобные отклонения. Данная проблема, очевидно, заключается в «ручном» способе проектирования КД, хотя качество геометрии остальных элементов детали следует признать вполне удовлетворительным.

На этом этапе работа проводилась как с отдельной деталью, так и с несколькими стыкуемыми деталями.

По окончании этапа созданные либо откорректированные 3D модели передаются из ICEM Surf в Pro/ENGINEER для проведения собственно проектных работ.

В ходе осуществленного проекта модель поверхности детали «Крыло»,

созданная в ICEM Surf, была импортирована в Pro/ENGINEER, оформлена как деталь и состыкована с деталью «Дверь», выполненной в Pro/ENGINEER по КД (рис. 8).

4. Окончательный этап создания электронной модели детали с полным геометрическим описанием;

Необходимые средства: Pro/ENGINEER Foundation, Advanced Assembly Extension, Pro/SURFACE.

На этом этапе выполняется оформление элементов, обеспечивающих собираемость детали: фланцы, проштамповки, отверстия, штамповочные радиусы и т.д. Для построения границ обрезки (кромки) предпочтительней использовать данные обмера, а также линии пересечения сопрягаемых поверхностей. Чертеж детали при этом является документом, определяющим основные привязки детали, взаимное положение элементов и другие данные, которые нельзя получить в процессе обмера мастер-модели. Построение стыкуемых элементов под сварку, оформление мест крепления навесных деталей для обеспечения собираемости и ассоциативности производится в режиме сборки по данным КД.

В процессе реализации проекта была выполнена сборка деталей «Дверь» (ЭМ, созданная по чертежам) и «Крыло» (импортирована из системы ICEM Surf и доработана в Pro/ENGINEER). По мере готовности смежных деталей, необходимо производить постоянный контроль стыковочных мест и сопряжений, используя возможности модуля Pro/ASSEMBLY.

Предложенные модули охватывают процесс лишь геометрического моделирования. Для проведения таких работ, как анализ размерных цепей, расчеты прочности, аэродинамики, и т.п., набор средств необходимо расширить модулями Pro/ENGINEER CETOL SixSigma, Pro/Mechanica, пакетами других разработчиков (например, NISA/DISPLAY);

5. Изготовление физического прототипа на станках с ЧПУ.

Необходимые средства: Pro/ENGINEER Foundation, Advanced Assembly Extension, Pro/NC, Pro/NC-GPOST, Expert Machinist, Pro/NC-SHEETMETAL, фрезерный станок.

Макет переднего крыла и двери автомобиля был выполнен в масштабе 1:10 на гравировально-фрезерном станке с ЧПУ Roland PNC-2700 серии CAMM-3 (рис. 9). В качестве исходной геометрии использовалась сборка, состоящая из поверхностных моделей крыла и двери.

Траектории движения инструментов были построены в модуле Pro/NC. Управляющие программы для станка сгенерированы постпроцессором, разработанным в Pro/NC-GPOST. В качестве материала использовалась заготовка из ореха.

Критериями для выбора режимов резания и стратегии обработки были технологические возможности станка, максимальное качество получаемой поверхности и минимальное время обработки;

6. Изготовление прототипа на установках быстрого прототипирования

RP-технологии позволяют изготавливать прототипы изделий непосредственно по электронным моделям, разработанным в системе CAD, оценивать их конструктивные и эргономические характеристики.

Для демонстрации возможностей RP-технологий на установке FDM 3000 фирмы Stratasys Inc. были изготовлены масштабные (1:15) прототипы деталей.

Время изготовления детали «Крыло» составило 20 часов, детали «Дверь» — 23 часа. Сборка прототипов деталей «Крыло» и «Дверь» показана на рисунке 10;

7. Разработка электронного чертежа детали.

Pro/ENGINEER позволяет по разработанным электронным моделям создавать КД, полностью отвечающую требованиям ЕСКД. Специалистами «Солвер» был разработан компьютерный чертеж детали «Дверь» (рис. 11) по её электронной модели (ЭМ1).

Сравнение исходного (бумажного) чертежа с полученным по 3D модели позволяет сделать следующие выводы:

- размеры на чертеже, полученном по 3D-модели, геометрически обусловлены процессом проектирования, их состав является необходимым и достаточным для проведения дальнейших этапов подготовки производства. При «ручном» способе создания КД простановка размеров ведется по субъективным критериям и может привести к их избыточности или недостаточности, что проиллюстрировано на рисунке



11



12

11. Фрагмент компьютерного чертежа детали «Дверь»

12. Сечения, корректно не определяемые по чертежу, выполненному «ручным» способом

11. Малиновым цветом выделена группа размеров, использование которых приводит к противоречию с остальными данными чертежа, и по согласованию с заказчиком они не принимались во внимание;

- компьютерный чертеж является более информативным. На рисунке 12 малиновым цветом выделены сечения, которые невозможно корректно определить при создании чертежа «ручным» способом;
- размеры, проставленные в компьютерном чертеже, имеют двустороннюю ассоциативность с 3D моделью и могут быть изменены как в самой модели, так и в чертеже;
- компьютерный чертеж является производной 3D модели и должен входить в состав комплекта КД, о чем должна быть сделана соответствующая запись в текстовой части чертежа (с указанием имени файла модели, сборки).

Выводы по результатам Экспериментального проекта

Новые ИТ являются важной частью инжиниринговой стратегии предприятия и должны распространяться на все этапы жизненного цикла изделия. Основой для разработки и внедрения технологии, концепций и принципов проектирования является электронная модель изделия. Благодаря возможностям новых технологий электронная модель изделия может

и должна приобрести статус комплекта первичных проектных документов. Работы, проведенные «Солвер» в практической части экспериментального проекта обосновывают необходимость в качестве первичного источника конструкторской информации об изделии считать именно ЭМ, чертеж должен являться в данном случае вторичным. Технологии и методы, примененные для решения поставленных в проекте задач, доказали свою практическую ценность и могут быть приняты за основу для создания цепочки интегрированного такого сложного промышленного изделия, как автомобиль.

Программный комплекс Pro/ENGINEER, принятый за основу цепочки проектирования, обеспечивает:

- проведение полного цикла конструкторской разработки отдельных деталей, сборок и автомобиля в целом;
- создание электронных моделей деталей двумя способами: по чертежам (т.е. изначально в Pro/ENGINEER) и по результатам обмера мастер-модели (с использованием КИМ);
- использование готовых дизайнерских решений, выполненных в системе CAS (например, в ICEM Surf);
- взаимодействие с различными системами CAD (наличие прямых интерфейсов);
- применение в формате проектных групп.

Так же в ходе выполнения проекта были продемонстрированы преимущества

совместного использования ICEM Surf и Pro/ENGINEER для взаимодействия дизайнеров и конструкторов:

- обмен информацией происходит на уровне данных о контрольных точках, вопрос о точности передачи данных при этом просто не возникает;
- изменения геометрии модели, осуществляемые дизайнером в среде ICEM Surf, отражаются в модели Pro/ENGINEER, над которой работает конструктор. При этом не нарушается ассоциативность конструкторских построений с топологией модели дизайнера;
- обе системы позволяют на любом этапе проектирования использовать технологии быстрого прототипирования, в частности, технологию FDM, применяемую в оборудовании фирмы Stratasys Inc.

Следующим этапом развития сотрудничества «ИЖ-АВТО» и «Солвер» станет проект внедрения, в основу которого планируется положить подходы, методики и программные решения, предлагаемые «Солвер». Это позволит повысить качество выпускаемых изделий, сократить время их подготовки к производству, оптимизировать инфраструктуру дирекции по развитию, подготовить основу для создания корпоративной информационной базы, существенно повысить эффективность управленческих решений.

w w w . s o l v e r . r u