

## ПРИКЛАДНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

УДК 658.012.011

Л.В. Губич

**СКВОЗНЫЕ КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ**

*Рассматриваются вопросы связи и взаимодействия двух процессов: внедрения системы управления качеством по ISO 9001:2000 и создания сквозных компьютерных технологий проектирования и производства новой продукции. Описаны положения компьютерной технологии для создания новой нормативной базы, регламентирующей действия исполнителей и формы отчетности на каждом этапе компьютеризированного процесса проектирования.*

**Введение**

Для обеспечения конкурентоспособности отечественных предприятий на мировых рынках надо решить две задачи: с одной стороны, повысить качество производимых товаров и услуг, а с другой – резко сократить сроки освоения новой продукции. Решению первой задачи должны способствовать внедрение и сертификация системы управления качеством продукции предприятия на основе международных стандартов ISO 9001:2000 [1]. Требования этой новой версии, по сравнению со стандартом ISO 9001:1994, представляют собой качественный скачок вперед, соответствующий новым тенденциям в области системы управления качеством, особое внимание в которой уделяется запросам потребителя как «вводным» параметрам и удовлетворению этих запросов как «выходного» результата. Решение второй задачи обеспечивается освоением компьютерных методов проектирования в сквозных циклах от разработки дизайна нового изделия до освоения его в производстве. Внедрение в процессы проектирования компьютерных технологий, позволяющих всесторонне проанализировать свойства будущего изделия до его запуска в производство, в значительной мере способствует повышению качества выпускаемой продукции [2]. Именно на этапе проектирования закладываются основные проектные решения, обеспечивающие высокие технико-экономические и потребительские свойства продукции.

Рассмотрению вопросов связи и взаимодействия двух процессов: внедрения системы управления качеством в соответствии со стандартами ISO 9001:2000 и создания сквозных компьютерных технологий проектирования и производства новой продукции – посвящена настоящая статья.

**1. Основные подходы к организации сквозной компьютерной технологии**

В качестве примера сквозной компьютерной технологии представлены результаты выполнения задания «Разработать и внедрить сквозную компьютерную технологию ускоренного запуска в производство деталей из полимеров в авто- и тракторостроении» отраслевой научно-технической программы «Компьютерные технологии проектирования и производства новой продукции», которое выполнялось тремя организациями: Республиканским унитарным предприятием «МТЗ», Объединенным институтом проблем информатики Национальной академии наук Беларуси и иностранным унитарным научно-производственным предприятием «Микро-Экспресс Инт'л». Совершенствование технологий производства полимерных материалов и различных методов изготовления из них конкретных изделий ведет ко все более широкому применению в тракторо-, автомобиле- и сельхозмашиностроении пластмассовых деталей. Применение таких деталей в производстве кабины, элементов интерьера салона и других агрегатов и сборочных единиц трактора позволяет улучшить дизайн машин, повысить комфортность экс-

плуатации, удешевить изготовление. Увеличение доли этих деталей в моделях выпускаемых тракторов отвечает мировым тенденциям и ведет как к повышению конкурентоспособности продукции РУП «МТЗ», так и снижению ее себестоимости.

Обеспечить расширение номенклатуры пластмассовых деталей трактора при одновременном повышении их качества можно только путем создания сквозной компьютерной технологии их проектирования и производства. Однако в этой области существует ряд серьезных проблем, связанных как с методами конструирования этих деталей в компьютерной среде, так и с проблемами технологической подготовки их производства, включая технологию литья или формования пластмассы, проектирование пресс-форм, проектирование инструмента и электродов для изготовления пресс-форм в инструментальном производстве, разработку программ ЧПУ для обработки формообразующих деталей пресс-форм. Традиционная технология проектирования и освоения производства новых пластмассовых деталей трактора, имеющих сложную форму, требует больших материальных и трудовых затрат, так как все трудности конструирования затем повторяются во всем производственном цикле, включая проектирование и изготовление дорогостоящей оснастки. Также дублируется вся проектная информация, не защищенная от возникновения субъективных ошибок на каждом из этапов подготовки производства.

Базовой предпосылкой работы по сквозной компьютерной технологии проектирования и производства является наличие на предприятии развитого электронного документооборота, охватывающего не только подразделения по проектированию и конструированию изделия, но и технологическую подготовку производства, а также основное и инструментальное производство, администрацию предприятия. Электронный документооборот должен обеспечить координацию действий между подразделениями предприятия, автоматизацию хранения информации о продуктах, выпущенных на рынок. Это позволит достичь гибкого управления и планирования всех этапов создания изделий, организации параллельного выполнения проектных работ на базе единого информационного пространства предприятия, будет способствовать формированию, накоплению и рациональному использованию интеллектуальных ресурсов предприятия. Функционирование сквозной компьютерной технологии проектирования и производства должно быть регламентировано комплексом стандартов системы качества, в основе которых лежат следующие положения.

1. Стандартами предприятия устанавливаются правила, в соответствии с которыми дополняются или замещаются положения ЕСКД для учета особенностей компьютерных технологий выполнения проектных работ и разработки конструкторской документации.
2. Стандартами регламентируются правила оформления электронной конструкторской документации в соответствии с возможностями используемой базовой CAD/CAM/CAE-системы. Системные настройки должны быть определены таким образом, чтобы в итоге электронная конструкторская документация максимально соответствовала нормам ЕСКД. Если по какому-либо графическому элементу этого достичь невозможно или в программной системе имеется более эффективная (рациональная, производительная) технология представления этого элемента, то следует использовать возможности CAD-системы. Предполагаемый перечень современных возможностей CAD-систем, рекомендуемых к использованию при оформлении КД, следующий: произвольное масштабирование чертежей; построение трехмерных видов в проекциях, отличных от аксонометрической и изометрической; параметрическое образмеривание сложных трехмерных поверхностей; автоматическое заполнение текстовых полей; интеграция в КД рисунков, фотографий, звука, видео и т. п.
3. Обеспечивается однозначное восприятие содержащейся в КД информации. Взаимообмен КД между организациями может осуществляться без переоформления на основе разрабатываемого стандарта.
4. Номенклатура проверяемых документов, содержание и объем проверки определяются предприятием-разработчиком конструкторской документации.
5. Согласование технических вопросов со взаимодействующим подразделением или с заказчиком ведется по трехмерной электронной модели как первичному источнику проектных данных.

6. Дублирование изображений объекта проектирования в последующие конструкторско-технологические документы выполняется путем их замены на основе ассоциативных связей с исходной 3D-моделью объекта.

7. Все предложения по электронному документообороту направляются на улучшение организации производства без снижения качества и технического уровня проектной документации и согласовываются с подразделениями предприятия.

При реализации сквозной компьютерной технологии проектирования и производства пластмассовых деталей на РУП «МТЗ» (рис. 1) были разработаны:

- методы компьютерного конструирования пластмассовых деталей с учетом технологичности изготовления и привлечения средств различных видов компьютерного анализа как конструкций пластмассовых деталей, так и процессов их получения;
- библиотека 3D-моделей и ассоциативных чертежей пластмассовых деталей разработок прошлых лет, используемых в новых моделях тракторов в порядке унификации конструкции;
- компьютерные методы и средства конструирования пресс-форм на базе типизированных пакетов и библиотек стандартных деталей с использованием специализированных средств системы Unigraphics;
- типовые техпроцессы обработки формообразующих деталей пресс-форм на оборудовании с ЧПУ с целью сокращения времени разработки обрабатывающих программ.

#### Этап 1. Конструирование



#### Этап 2. Технологическая подготовка производства



#### Этап 3. Изготовление пресс-форм

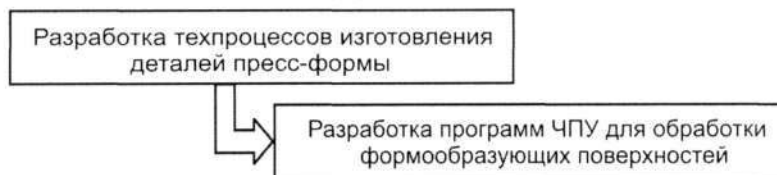


Рис.1. Этапы сквозной компьютерной технологии проектирования и производства пластмассовых деталей

## 2. Взаимодействие процессов компьютеризации проектирования и обеспечения качества продукции

Завершающим этапом проекта является нормативное закрепление на предприятии компьютерных методов организации проектных работ. Для этого необходимо разработать стандарт предприятия по сквозной компьютерной технологии проектирования и производства пластмассовых деталей для условий РУП «МТЗ», который будет обеспечивать взаимодействие служб предприятия, определять правила документирования и связи с корпоративной информационной системой.

Разработка такого стандарта должна опираться на имеющуюся на РУП «МТЗ» систему управления качеством и соответствующий ей комплекс стандартов предприятия.

Анализ структуры и содержания этих стандартов показал, что они могут быть взяты за основу для создания нормативной базы выполнения проектных работ по сквозной компьютерной технологии. Особенности и специфика компьютерного проектирования деталей трактора из полимеров могут быть отражены в приложениях к соответствующим стандартам системы качества. Это позволит, с одной стороны, обеспечить преемственность в управлении проектными работами при создании новых моделей тракторов при переходе от ручной к компьютерной технологии проектирования, а с другой – даст толчок к развитию самой системы управления качеством в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001:2000. Связь принципов системы управления качеством продукции предприятия на основе международных стандартов ISO 9001:2000 [1] и сквозной компьютерной технологии проектирования [2] приведена в табл. 1. Главное отличие этого стандарта – перенос акцента и основного внимания на модель процесса управления качеством, которая должна быть разработана для условий конкретного предприятия на базе следующих принципов и требований.

1. *Основное внимание – клиенту.* Предприятие должно иметь полное представление о настоящих и будущих потребностях своих клиентов, удовлетворять их и стремиться превзойти их ожидания.

2. *Роль руководства.* Главной задачей руководства является обеспечение единства цели и стратегии развития предприятия. Необходимо создавать и поддерживать такую внутреннюю обстановку и климат в коллективе, при которых все сотрудники оказываются полностью вовлеченными в процесс достижения целей предприятия.

3. *Привлечение всех сотрудников организации.* Основа успешной работы предприятия – это специалисты всех уровней, полное вовлечение которых в хозяйственные процессы обеспечивает максимальное использование их интеллектуального и человеческого потенциала на благо всего предприятия.

4. *Процессный подход.* Требуемый и ожидаемый результаты достигаются наиболее эффективным способом, если взаимосвязанные виды деятельности, технологические цепочки и ресурсы для их выполнения рассматриваются как единый сквозной процесс, документально закреплённый соответствующими нормативными документами.

5. *Системный подход к управлению.* Идентификация процессов, их выделение и документирование с целью последующего управления системой взаимосвязанных процессов для достижения поставленных целей существенно повышают эффективность и рентабельность предприятия.

6. *Постоянное улучшение.* Постоянное улучшение выделенных процессов должно быть одной из неизменных целей и постоянной заботой руководства предприятия.

7. *Принятие решений, основанных на фактах.* Постоянный анализ реального состояния действующих процессов и достоверной информации о них является основой эффективности принимаемых решений.

8. *Взаимовыгодные связи с поставщиками.* Выпуск продукции с высокой потребительской ценностью в большой степени зависит от взаимовыгодных и эффективных связей с поставщиками, с которыми связано предприятие. Уровень применяемых технологий, средства проектирования и производства взаимозависимых партнеров должны соответствовать друг другу.



Связь принципов системы качества и сквозной компьютерной технологии

Положения стандарта ISO 9001:2000	Свойства сквозной компьютерной технологии проектирования и производства
<p>1. Учет мнения потребителя.  <i>Вход:</i> требования потребителя.  <i>Выход:</i> удовлетворение требований потребителя</p>	<p>1. Полная электронная модель изделия позволяет оперативно создать версию, соответствующую потребностям и пожеланиям потребителя.  2. Компьютерный анализ функционирования изделия позволяет промоделировать и оценить до начала производства степень удовлетворения требований потребителя</p>
<p>2. Постоянное улучшение.  Измерение и совершенствование качества внутренних процессов на основе модели «планируй – делай – проверяй – действуй»</p>	<p>3. Постоянное улучшение – качество, изначально присущее компьютерным технологиям проектирования:  – параметрические модели деталей и сборок позволяют создать несколько вариантов и выбрать оптимальный вариант конструкции;  – совершенствуются программные продукты и система их сопровождения и обновления у пользователя</p>
<p>3. Ответственность руководства.  Повышение роли и ответственности администрации за систему управления качеством, в том числе:  – выработку политики по качеству;  – формулировку целей по проблемам качества;  – планирование деятельности и ресурсов по обеспечению качества;  – ответственность за соблюдение требований стандартов по качеству;  – анализ процессов предприятия и пересмотр политики и целей для постоянного их улучшения</p>	<p>4. Обязательные условия для получения положительного результата компьютеризации предприятия:  – эффективная организация и контроль высшего руководства предприятия за реализацией проекта компьютеризации, его готовность пойти на риск, базирующийся на доверии к специалистам, выполняющим этот проект;  – наличие четко и ясно сформулированных целей реорганизации и компьютеризации с созданием системы мотивации непосредственных исполнителей: главная цель компьютеризации – рост и расширение производства, а не сокращение расходов на содержание коллектива предприятия;  – эффективное управление предприятием в действующем варианте для обеспечения технологической дисциплины исполнения в компьютерной среде, так как требования к участникам производственных процессов при их компьютеризации возрастают многократно</p>
<p>4. Управление ресурсами.  В перечень ресурсов обеспечения качества включаются:  – трудовые, подразумевающие наличие соответствующего количества специалистов с соответствующей квалификацией;  – инфраструктурные, обеспечивающие соответствующий уровень технологии выполнения производственных процессов;  – поставщики и партнеры, располагающие соответствующей системой управления качеством;  – финансовые ресурсы</p>	<p>5. Для создания сквозных компьютерных циклов проектирования и производства требуется:  – отработанная методологическая основа для проводимых мероприятий, распределение ролей и ответственности, технологическая поддержка выполняемых работ со стороны предприятия-партнера, проводящего компьютеризацию, привлечение экспертов для оценки проектов компьютеризации;  – соответствие возможностей выбранных компьютерных систем требованиям и специфике производства, оперативное отслеживание изменяющихся условий деятельности предприятия;  – тесная координация стратегии развития предприятия и архитектуры информационной системы; измерение ее эффективности по мере внедрения; совершенствование организационной структуры предприятия; включение человеческого фактора в процесс реорганизации предприятия</p>

Реализация модели управления системой качества, основанной на перечисленных требованиях, в значительной степени зависит от уровня, достигнутого предприятием в области внедрения сквозных компьютерных технологий по отдельным технологическим переделам. Организация на предприятии таких сквозных циклов и их документирование должны быть согласованы со всей системой управления качеством, которая, в свою очередь, должна стимулировать внедрение новых прогрессивных технологий. Бессмысленно создавать систему управления качеством, закрепляя устаревшие ручные технологии проектирования и документирования.

Электронная модель изделия по ISO 10303 – это совокупность информационных объектов, представляющих конструкторскую, технологическую и другую информацию об изделии, формируемую участниками процесса проектирования. Модель является базой для структурированного описания процессов и этапов жизненного цикла разрабатываемого изделия. В соответствии с этим положением полная электронная конструкторская модель пластмассовой детали трактора включает ряд информационных компонентов (рис. 2):

- геометрические данные (твердотельные элементы, поверхности с топологией, фасеточные поверхности, сетчатые поверхности с топологией и без топологии, чертежи и т.п.);
- информацию о входимости в сборочную единицу и/или включении арматуры;



Рис. 2. Структура полной электронной модели полимерной детали

– административные данные для учета, контроля и связи с корпоративной информационной системой предприятия (идентификаторы предприятия, проекта, классификационные признаки и т.п.; данные о вариантах состава и структуры изделия; об изменениях конструкции и о документировании этих изменений; данные для контроля различных аспектов проекта или решения вопросов, связанных с особенностями и вариантами состава и конфигурации изделия; данные о применимости материалов и условиях обработки,

указанные проектировщиком для данного изделия; данные для контроля и учета выпущенной версии разработки; информацию о согласовании с изготовителем пластмассовой детали);

– инженерные данные в неструктурированной форме, подготовленные с помощью различных программных систем в требуемых форматах.

Электронная модель сборочной единицы, включающей пластмассовые детали, и соответствующая сборочная документация (аналогично сборочным чертежам) описывают собираемые объекты, их механические связи, условия сборки.

Использование полной электронной модели изделия (детали, сборочной единицы) позволяет автоматически получать документы, на изготовление которых традиционным способом уходит много средств и времени: плакаты для обучения сборщиков, ремонтников и пользователей; операционные карты, эскизы и другие документы для изготовления; руководства по эксплуатации и ремонту. Главное отличие графических документов в составе полной электронной модели от традиционных чертежей и спецификаций по ЕСКД состоит в том, что они не являются первоисточниками информации по изделию и не архивируются, как кальки, а отражают временную графическую форму представления и состояния объекта проектирования. Графические документы по каждому элементу конструкции выпускаются к моменту начала его изготовления на основании соответствующих решений и документов.

В случае расхождения электронной модели и выполненных на ее основе традиционным способом любых графических документов верными считаются данные полной электронной модели детали, сборочной единицы. Если разработка нового изделия ведется от создания 3D-модели, то согласование технических вопросов со взаимодействующим подразделением или с заказчиком ведется по трехмерной электронной модели как первичному источнику проектных данных.

Конечным продуктом деятельности конструкторского подразделения, работающего на языке полной электронной модели изделия, является не чертеж со спецификациями, а полный электронный комплект конструкторских и технологических документов в виде системы упорядоченных множеств параметров создаваемого изделия:

- геометрии и свойств изготавливаемых объектов;
- спецификации стандартных и поставляемых извне изделий;
- спецификации механических связей и условий их обеспечения;
- спецификации материалов, полуфабрикатов, инструментов;
- спецификации средств механизации производства и средств контроля;
- обоснований (подтверждений соответствия техническим требованиям и стандартам, бесконфликтности, монтажной пригодности, проверочных расчетов, прогнозов функциональных характеристик и др.);
- ссылок на руководящие документы (стандарты, технические условия и др.);
- графических документов для производственных исполнителей: эскизов и операционных карт, директивных технологий и программ ЧПУ.

Для включения описанных выше положений компьютерной технологии в процессы проектирования и функционирования их на предприятии необходимо создать *новую нормативную базу, регламентирующую действия исполнителей*, формы отчетности на каждом этапе компьютеризированного процесса проектирования. Такая нормативная база естественным образом становится неотъемлемой частью системы управления качеством продукции предприятия. Как указывалось выше, комплекс нормативных документов по сквозной компьютерной технологии проектирования и производства полимерных деталей трактора предлагается создать как приложение к соответствующим стандартам системы управления качеством, которые сегодня регламентируют производственные процессы на РУП «МТЗ».

### **Заключение**

Внедрение методов гибкого производства на основе сквозных компьютерных технологий проектирования и изготовления позволяет вести все работы от единой корректной компьютерной модели изделия, исключает дублирование конструкторско-технологических

операций, делает возможным распараллеливание работ, повышает преемственность проектов, обеспечивает высокую скорость оценки различных вариантов. Все эти преимущества позволяют повысить надежность и долговечность конструкции, сократить сроки технологической подготовки производства пластмассовых деталей трактора при значительном уменьшении издержек производства.

Следует указать следующие качественные очевидные преимущества компьютерных технологий.

1. Полная компьютерная модель изделия и его производства обеспечивает: современный дизайн изделия и его конкурентоспособность; удешевление производства за счет повышения надежности проектирования и исключения конструкторских ошибок; ускорение сроков запуска в производство за счет исключения многих бумажных этапов.

2. Параллельное проектирование и накопление базы знаний дают возможности: сократить сроки и усовершенствовать технологию проектирования; повысить квалификацию специалистов.

3. Анализ размерных цепей, кинематики, геометрии, прочности обеспечивает: повышение качества проектных решений; уменьшение издержек производства; улучшение потребительских свойств изделий.

4. Гибридное моделирование и параметризация обеспечивают создание семейств моделей изделий для более полного удовлетворения требований рынка.

5. Управление проектными работами и проектными данными обеспечивает оперативное внесение изменений в проект, уменьшает непроизводительные потери рабочего времени, повышает управляемость производством.

Новые подходы к проектированию полимерных деталей трактора заключаются в том, что в отличие от существующего последовательного процесса проектирования и освоения в производстве пластмассовых деталей трактора, основанного в основном на опыте и знаниях специалистов, требуется перейти к организации на предприятии сквозной технологии проектирования и производства этих деталей на базе создания научно обоснованного компьютерного моделирования изделий с применением различных вычислительных методов инженерного анализа, моделирования формообразующих поверхностей пресс-форм, а также к разработке программ ЧПУ с обеспечением параллельной работы специалистов различных профилей и созданием базы знаний в этой области.

Опыт показывает, что переход к компьютерным технологиям является для предприятия трудным, требует глубоких знаний математического моделирования сложных форм, которыми часто не располагают специалисты предприятия. В то же время должны быть учтены знания и практический опыт, накопленный специалистами предприятия в данной области. Важнейшим условием успеха внедрения компьютерных технологий является комплексное рассмотрение всех процессов проектирования, производства и управления на предприятии, включая управление системой качества выпускаемой продукции на основе международных стандартов.

### Список литературы

1. Пирч К., Китка Дж. Стандарт ISO 9001:2000 – новое качество // Мир компьютерной автоматизации. – 2001. – № 2. – С.19-24.

2. Губич Л.В. Автоматизация процессов проектирования в машиностроении. – Мн.: ОИПИ НАН Беларуси, 2002. – 308 с.

Поступила 06.02.04

*Объединенный институт проблем информатики НАН Беларуси,  
Минск, Сурганова, 6  
e-mail: gubi@newman.bas-net.by*



**L.V. Gubich**

**END-TO-END COMPUTER TECHNOLOGIES FOR PRODUCT  
DESIGNING AND QUALITY CONTROL**

The questions of relationship and interactions of two processes are considered: introducing of system quality according to ISO 9001:2000 and creation of end-to-end computer technologies of designing and producing new products. Computer technology approaches for making the new normative base, specifying actions of performers, reporting forms on each stage of the computer designing process are described.