

# Инжиниринговые услуги при автоматизации конструкторской и технологической подготовки производства

М. Малов<sup>1</sup>

УДК 004.9:[658.512.2+658.512.4] | ВАК 05.13.12

Практически все современные предприятия рано или поздно приходят к пониманию, что их типовые работы требуют автоматизации. Конструкторская и технологическая подготовка производства – одна из областей, автоматизация которой оказывается наиболее востребованной. Для решения этой задачи существует большой выбор программного обеспечения (ПО), охватывающего практически все виды работ в данной области. Эти решения хорошо известны, они широко и активно используются на практике. Но в силу присущей человеку инертности мышления часто возникает ситуация, когда внедрение ПО для автоматизации процессов сводится, по сути, к переносу на компьютер традиционных подходов. Этим предприятие лишает себя тех возможностей по повышению эффективности, которые может предоставить программный инструмент при определенной реорганизации привычной деятельности. Такая реорганизация может охватывать процессы, в которых задействованы определенные группы сотрудников и которые относятся к отдельным этапам цикла разработки и производства изделий, но в некоторых случаях достижение наибольшего эффекта от внедрения средств автоматизации требует тотальной модификации процессов и структур предприятия. Для достижения наилучшего результата за счет реорганизации процессов предприятия необходимо выполнить ряд работ, относящихся к области инжиниринга бизнес-процессов.

ГК SWR обладает большим опытом в оказании инжиниринговых услуг. В настоящей статье приводятся несколько примеров проектов, показывающих целесообразность работ в области инжиниринга бизнес-процессов, выполняемых квалифицированным системным интегратором, для повышения эффективности деятельности технических служб предприятия.

## ПРИМЕР 1. МЕТОДИКА РАЗРАБОТКИ МОДИФИКАЦИЙ ИЗДЕЛИЯ В ГРУППЕ

В первом примере пойдет речь о проекте для предприятия, разрабатывающего катапультные кресла для летательных аппаратов, особенностью которых является наличие большого количества исполнений, отличающихся конфигурацией основы кресла, его комплектацией и применяемыми материалами. Задача состояла в повышении эффективности работ при создании новых исполнений.

Выполнение этих работ требует подключения нескольких специалистов различных специальностей. Отличия будущей модификации изделия от существующих исполнений заранее предсказать сложно, что исключает

применение автоматических конфигураторов. Может создаться впечатление, что это классический пример организации процесса проектирования «сверху вниз» и что улучшить что-либо здесь невозможно, однако инструменты 3D-проектирования предлагают несколько методик повышения эффективности этого процесса, которые могут быть реализованы различными способами.

При выполнении этого проекта мы в первую очередь собрали подробные сведения обо всех аспектах работ, выполняемых при создании новых модификаций изделия: возможные области и направления вариаций, требования к полноте и точности представления конечной 3D-модели сборки изделия (ее принципиальная необходимость была обозначена заказчиком с самого начала), требования к комплектности КД и срокам выдачи предварительных

<sup>1</sup> ГК SWR, заместитель технического директора.

и окончательных вариантов всей документации, требования к структуре изделия в PDM-системе, особенности бизнес-процесса запуска и всего хода выполнения такой работы и проч. На основании анализа полученных данных мы пришли к выводу, что в основу методики проектирования исполнений этого изделия должна лечь технология с применением виртуального контрольно-увязочного макета. Специалист ГК SWR детально проработал теоретически и затем отработал на компьютерах в нашей лаборатории всю последовательность действий нескольких специалистов, совместными усилиями создающих новое исполнение изделия. Работа всех специалистов осуществлялась с привязкой создаваемых или модифицируемых ими составных частей изделия к единому объемному макету, что гарантировало не только автоматическую собираемость модели конечного изделия, но и управляемость всего процесса со стороны ведущего конструктора (рис. 1). Были выбраны и проверены на практике методы создания контрольно-увязочного макета, его использования как основы для действий всех участников процесса, исключения его влияния на производительность системы, разрабатываемый состав изделия и содержимое КД, а также требования и рекомендации к таким макетам.

Результаты работы были представлены в виде «Методики ведения разработки изделия». Методика была опробована на площадке клиента с внесением соответствующих корректировок. Документ вообрал в себя все вопросы используемой технологии: требования к контрольно-увязочному макету и оптимальную последовательность его создания, организацию процесса запуска работы в PDM-системе с выдачей заданий исполнителям и процедуры отслеживания хода работ, правила использования макета, особенности процедур создания КД и проч.

Результатом внедрения новой методики проектирования стало устранение затрат времени на организацию таких работ, исключение ошибок согласования выполняемых доработок друг с другом и с единой основой всего изделия, сокращение срока выполнения новой разработки в несколько раз, гарантия полноты и корректности получаемой КД и структуры изделия: ее полнота и корректность (приводящие к полноте и корректности создаваемых на ее основе текстовых конструкторских документов, таких как ведомости покупных изделий и материалов) часто оказываются критичным звеном в планировании закупок и производства.

## ПРИМЕР 2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА РАБОЧИХ РЕЖИМОВ МОБИЛЬНОЙ РЛС

Проект выполнялся ГК SWR по заданию предприятия, столкнувшегося со следующей задачей.

Имеется поворотный блок РЛС с качающейся антенной. Необходимо определить, за какое время произойдет такое успокоение колебаний системы при ее повороте из одного



Рис. 1. Автоматическая контрольная сборка изделия

крайнего положения в другое, чтобы измерения, выполняемые системой, были достаточно достоверными.

Заказчиком предпринимались попытки прямого решения этой задачи, в том числе и с использованием достаточно дорогого ПО, но ожидаемое время выполнения расчета оказалось неприемлемо большим даже для получения первичного результата, при том что в конечном счете было необходимо выполнение нескольких итераций с внесением изменений в систему для ее оптимизации по результатам каждой из них.

Решение этой задачи взял на себя руководитель расчетного отдела ГК SWR А. А. Алямовский – признанный специалист и автор ряда публикаций в области решения расчетных задач.

По результатам анализа задачи было выявлено, что одной из причин неудачи при попытке решить ее напрямую было то, что в изделии используется несколько десятков нестандартных подшипников, и при прямом расчете решалась контактная задача для каждого шарика, что сильно увеличивало время расчета и при этом не приводило к получению полезного результата. Подшипники должны быть учтены в расчете иным образом. Поэтому в первую очередь был разработан метод решения частной задачи: определение жесткости подшипника и влияния на нее фактора масштаба: подшипники были конструктивно идентичны, но различались размерами (рис. 2). Задача решалась с применением ПО, которое позволяет создавать и использовать в расчетах собственные библиотечные сущности разного рода, в частности подшипники, что сводит к минимуму связанные с ними временные затраты при решении полной задачи.

Вторая выявленная проблема заключалась в том, что в изделии присутствует большое количество различных компонентов, массы и моменты инерции которых оказывают влияние на динамические показатели системы и колебательные процессы, но подробного их обсчета с построением детальной сетки и полным анализом их



Рис. 2. Создание модели нестандартных подшипников

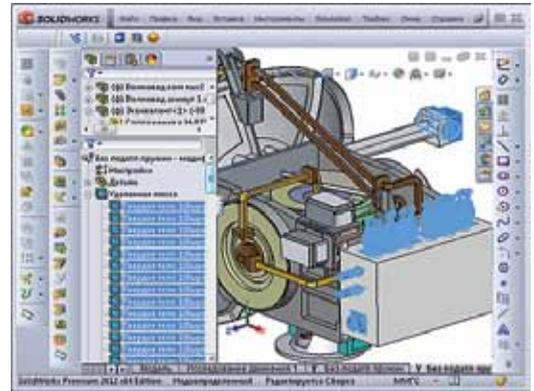


Рис. 3. Виртуализация компонентов, не требующих детального обседа

структуры для получения результата необходимой точности не требовалось. До широкого распространения компьютерных методов расчета такие компоненты учитывались как точечные массы, расположенные на определенном плече с определенной жесткостью. Компоненты их подвески требуют расчета на жесткость, но сами эти массы также можно выделить в не требующие расчетных ресурсов сущности специального типа (рис. 3).

В результате устранения этих проблем расчетное время сократилось с ожидавшихся при прямом решении задачи нескольких недель до нескольких часов в пределах одного рабочего дня, причем с использованием существенно более дешевого расчетного пакета. Очевидно, проблемы заключались не в ПО как таковом. Причина достигнутого успеха – в инженерном подходе к разработке оптимальной методики решения. В итоге у предприятия появилась возможность не только за короткое время осуществлять проверку вариантов конструктивных решений, но и выполнять расчет в параметрической оптимизационной постановке. Кроме того, в рамках выполнения этого проекта ГК SWR было проведено специальное обучение инженеров предприятия на примере данной задачи, что позволяет тиражировать опыт и на другие разработки подобного назначения.

### ПРИМЕР 3. ОПЕРАТИВНАЯ РАЗРАБОТКА ТИПОВОЙ ОСНАСТКИ

Перед одним из заказчиков ГК SWR в рамках импортозамещения была поставлена задача по освоению в короткие сроки выпуска электрических разъемов для приборостроения. Освоению подлежала вся номенклатура таких изделий, потребляемых оборонными предприятиями, а также производителями гражданской продукции аэрокосмического назначения.

Напрашивающееся решение этой задачи – применение готового «коробочного» компоновщика пресс-форм. Однако в данном случае такое решение не было

бы оптимальным. Компоновщики позволяют быстро собрать комплект плит и стандартного крепежа. Но это лишь «скелет» пресс-формы, в то время как готовое решение содержит множество таких систем и компонентов, как формообразующие вставки, системы литников, питателей, толкателей, охлаждения, клиновые механизмы и проч. Их добавление в проект в специализированном «коробочном» ПО сводится к ручному поиску подходящих компонентов в библиотеках, их правильному размещению в сборке пресс-формы, созданию соответствующих вырезов в плитах и т. д. Кроме того, библиотеки часто требуют пополнения компонентами, стандартизированными в данной отрасли или в рамках данного предприятия.

Потенциал оптимизации этого процесса был заложен в том, что перед предприятием не стояла задача разработки произвольных пресс-форм. Номенклатура разрабатываемых пресс-форм была ограничена типовыми конструкциями изделий.

Детальная проработка проекта инженером департамента внедрения программных продуктов ГК SWR позволила не только оптимизировать этот процесс, но и отказаться от закупки специализированного модуля компоновки пресс-форм. Была разработана методика решения всех задач полного цикла разработки как целевых изделий (электрических разъемов), так и пресс-форм для литья их корпусов. При этом весь цикл работ выполняется с использованием только базовых функциональных возможностей применяемой CAD-системы (рис. 4) и разработанной ГК SWR системы библиотек конструктивных решений и стандартных компонентов, включающих все предлагаемые базовой CAD-системой средства автоматизации их применения. Выполнение работ производится в соответствии с разработанной в рамках проекта методикой организации всего процесса проектирования с использованием данной библиотеки.

Разработка всей методики проектирования велась на примере из реальной номенклатуры предприятия



**Рис. 4.** Применение встроенного конфигуратора компонентов и сборки CAD-системы

и в постоянном тесном контакте с конструкторами изделий и оснастки. Созданная методика была проверена представителями заказчика с участием и под постоянным надзором со стороны нашего специалиста – автора методики. «Отшлифованный» опыт был незамедлительно передан всем конструкторам изделий и оснастки. Для того, чтобы учесть все нюансы, в том числе редко используемые, и обеспечить для предприятия возможность самостоятельной подготовки новых кадров для разработки таких изделий и оснастки, методика была изложена в виде подробных технических руководств.

#### ПРИМЕР 4. ПРОГРАММИРОВАНИЕ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Следующий пример – проект, направленный на оперативную подготовку программ для станков с ЧПУ в условиях, когда исходная информация представлена в виде чертежей на бумажных носителях.

Именно с такой задачей столкнулся один из наших заказчиков, выпускающий достаточно сложные и высокоточные механизмы для любителей охоты. Предприятие получило заказ на изготовление в кратчайшие сроки крупной партии достаточно старого изделия, которое было разработано еще до внедрения оборудования с ЧПУ. Хотя на предприятии были и собственные программисты, и необходимое для подготовки программ ПО, его ресурсов для быстрого решения данной задачи было недостаточно.

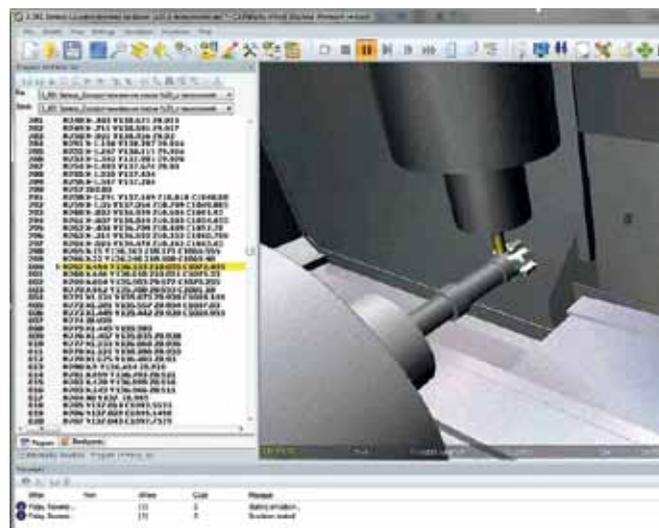
В ГК SWR был передан большой объем бумажной конструкторской и технологической документации, на основании которой требовалось в кратчайшие сроки разработать 3D-модели изделий и программы для станков с учетом требований к точности размеров и качеству поверхностей.

Для выполнения заказа было выделено несколько технических специалистов ГК SWR – от рядовых инженеров

до заместителя директора. При проработке документации было выявлено множество несоответствий как между документами, так и в пределах отдельных чертежей и описаний техпроцессов, что было ожидаемо, поскольку является распространенным явлением при «бумажном» проектировании, при котором исправления часто вносятся от руки и только в единственный рабочий экземпляр.

Создание программ для станков выполнялось фактически с нуля. Повторение без изменений техпроцессов, ориентированных на ручной труд, было бы ошибкой. Наши технологи-программисты, максимально используя свои знания и опыт, в том числе полученный в многолетнем общении с нашими клиентами, разработали программы для изготовления каждой детали с минимальным временем выполнения. На основе созданных в рамках проекта 3D-моделей станков, программы были верифицированы путем их виртуального выполнения в режиме имитации работы станка (рис. 5).

В итоге главная задача была решена – заказчик получил готовые программы в сроки, существенно более короткие, чем если бы это делалось силами имеющихся на предприятии программистов. Помимо этого, были получены и дополнительные эффекты: разработаны виртуальные модели станков, имеющихся у заказчика (предприятие данную работу планировало выполнять в любом случае, но в рамках данного инженерингового проекта результат был достигнут в несколько раз быстрее); была пополнена технологическая библиотека САМ-системы готовыми отработанными стратегиями обработки типовых деталей, изготавливаемых на предприятии, и инструментом, в том числе и специальным; были дополнительно оптимизированы некоторые бизнес-процессы цикла



**Рис. 5.** Верификация программ с помощью виртуальных станков

работ по переводу имеющегося задела, ориентированного на ручное производство на основе бумажной документации, в полностью цифровую форму.

### ПРИМЕР 5. СОЗДАНИЕ ПОЛНОГО КОМПЛЕКТА ДОКУМЕНТАЦИИ «ОДНИМ НАЖАТИЕМ КНОПКИ»

Возможность получения «одним нажатием кнопки» полного комплекта готовой к использованию документации на новое изделие с автоматическим учетом задела и возможностей повторного применения ранее разработанных деталей и узлов – мечта каждого инженера и, особенно, руководителя.

Такой проект был реализован техническими службами ГК SWR на одном из предприятий, которое выпускает, в частности, стойки управления кораблями и судами. Эти стойки имеют в своем составе большое количество электронной аппаратуры и всегда обладают индивидуальной комплектацией.

В основу этого инжинирингового проекта мы положили технологии проектирования на основе баз знаний (КВЕ – Knowledge-Based Engineering). Реализация этого метода состоит из нескольких основных этапов:

- создание проекта-прототипа;
- оформление на проект-прототип всей необходимой КД (на данный момент в этом проекте мы ограничились разработкой только КД; внедрение автоматических средств создания ТД и программ для станков еще впереди);
- дополнение проекта описанием правил создания исполнений изделия в целом и его компонентов;
- разработка простого дружественного интерфейса для ввода потребительских параметров, определяющих особенности нового исполнения стойки.

На практике потребовались анализ и систематизация большого объема наработок предприятия в части структур и правил проектирования таких стоек управления, а также выявление всех типовых проектных процедур для максимальной их автоматизации.

Полный алгоритм проектирования воплотился в более чем две с половиной тысячи правил принятия решений, составленных совместно со специалистами предприятия, и все эти правила мы заложили в систему. Был разработан веб-интерфейс для конструктора, позволяющий ему выбирать целевые параметры изделия, не задумываясь о размерах и конструктивном исполнении самой стойки: оператор указывает, к примеру, что в данной стойке должен быть определенный прибор на заданном уровне от пола и с заданным способом установки, и система сразу же выдает конструктору визуальное представление о меняющейся комплектации стойки и оставшемся пространстве для дальнейшего размещения оборудования.

По завершении выбора всей комплектации и необходимых параметров именно «одним нажатием кнопки» запускается автоматический процесс, результатом которого является комплект КД на новое изделие. Системой создаются все необходимые модели и чертежи, при этом чертежи практически не требуют доработки, поскольку система позволяет настроить в том числе правила размещения на листах всех необходимых размеров и примечаний.

Кроме того, в системе предусмотрены средства для достижения максимальной степени применения ранее разработанных компонентов. При создании каждой модели детали она автоматически присваивает ей уникальный код, полностью отражающий конфигурацию и геометрию данной детали, и если в процессе создания новой модели предварительные вычисления (выполняемые практически мгновенно) покажут, что код новой, еще не созданной детали уже есть в базе данных системы, то будет найдена и применена ранее спроектированная деталь без затрат времени на генерацию новой геометрии.

Главный итог для предприятия – создание полного комплекта моделей и КД на новую стойку управления занимает примерно два часа. Это около 800 деталей и сборочных единиц, то есть за вычетом крепежа и с учетом повторного применения комплектующих порядка 150–200 новых моделей и такое же количество чертежей. Это не только высвобождает человеческие ресурсы и избавляет специалистов от рутинной работы, но и исключает влияние человеческого фактора при создании моделей и КД при максимально возможном повторном применении разработок.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статью приведено несколько примеров проектов, с тем чтобы показать, какой эффект может быть достигнут благодаря квалифицированным инжиниринговым услугам при автоматизации конструкторской и технологической подготовки производства. Безусловно, это далеко не полный список наших успешных проектов. ГК SWR обладает обширным опытом реализации инжиниринговых проектов в различных областях, включая проектирование изделий и оснастки, автоматическое создание ТД, управление данными на базе PDM-системы и др. Среди наших проектов и такие, как разработка механизма полностью автоматического создания программ обработки деталей корпусной мебели без использования САМ-систем и проект полного оснащения информационной инфраструктурой нового строящегося предприятия от КБ до систем управления производством и мониторинга оборудования.

Тех, кого заинтересуют подробности этих и других проектов ГК SWR, мы приглашаем обратиться к нам, и мы с удовольствием поделимся с вами нашим опытом. ●