

# Pro/TechDoc — средство разработки технологических процессов и подготовки документации по ГОСТ в системе Pro/ENGINEER

Андрей Волков, Илья Пасынков, Андрей Саранчин, Сергей Чечиков

Одним из основополагающих процессов на любом предприятии является технологическая подготовка производства (ТПП). Именно решение задач ТПП позволяет получить ответы на вопросы о стоимости продукции, сроках ее изготовления, необходимых затратах на приобретение/создание основных средств производства и вспомогательных материалов. Следует подчеркнуть, что именно автоматизация процессов ТПП приводит к сокращению времени подготовки производства, снижению себестоимости продукции и увеличению объемов/номенклатуры выпускаемых изделий. Уровень сложности задач, которые требуется решить при автоматизации процессов ТПП, значительно выше уровня сложности задач, возникающих при автоматизации процессов подготовки производства (КПП). Поэтому при автоматизации процессов подготовки производства основное внимание следует уделять именно ТПП. Для того чтобы эффект от автоматизации процессов подготовки был максимальным,

необходимо автоматизировать процессы как КПП, так и ТПП. Решить вышеназванные задачи помогает система автоматизированного проектирования (САПР) Pro/ENGINEER компании Parametric Technology Corporation (PTC). Далее мы рассмотрим формулировку и решение следующих задач автоматизации процессов ТПП, с которыми сталкиваются при построении сквозной САПР<sup>1</sup> в рамках C A D / C A M / C A E - с и с т е м ы Pro/ENGINEER:

1. Адаптация САПР к сформировавшимся на отечественных предприятиях процессам технологической подготовки производства.
2. Расширение возможностей САПР в отношении моделирования и документирования технологических процессов.

Первая задача, возникающая при оснащении рабочих мест САПР Pro/ENGINEER и требующая скорейшего решения, заключается в преодолении расхождений в подходах к автоматизации процессов КПП и ТПП, выработанных в нашей стране и за рубежом.

Дело в том, что САПР Pro/ENGINEER изначально ориентирована на автоматизацию деятельности конструкторов и технологов, сокращение времени разработки новых изделий и сроков подготовки производства. В свою очередь, на отечественных предприятиях с автоматизированными процессами проектирования зачастую отождествляют действия по подготовке конструкторской, технологической и другой сопутствующей документации. Несмотря на то что в САПР Pro/ENGINEER имеются средства создания чертежей и документации<sup>2</sup>, их может быть недостаточно для подготовки комплекта технологической или какой-либо другой документации.

Вторая задача связана с тем, что САПР Pro/ENGINEER (как, впрочем, и другие системы проектирования — CATIA, UG, PowerMill, MasterCam) ориентирована преимущественно на моделирование процессов механической обработки: токарной, фрезерной, электроэрозионной. САПР допускает внесение информации по другим переделам<sup>3</sup>, например термическому, заготовительному, слесарному, однако этот процесс практически не автоматизирован и реализуется в плане моделирования процессов механической обработки весьма медленно. Более того, даже при моделировании механической обработки САПР не будет обладать тем объемом информации, который необходим для подготовки технологической документации в соответствии с ГОСТ (ЕСТД).

Перед тем как перейти к решению указанных задач, необходимо рассмотреть структуру моделей, которыми оперирует САПР Pro/ENGINEER, а также показать связь между элементами внутри модели и между различными моделями.

Для дальнейшего изложения необходимо описать структуры двух моделей: конструкторской и технологической. Конструкторская модель — это трехмерная модель некоторого объекта, уже созданного либо планируемого к изготовлению. Структура конструкторской модели — это дерево конструктивных элементов, как геометрических, так и вспомогательных. Вспомогательные элементы представляют собой определенные объекты — плоскости, осевые линии, кривые, точки, необходимые для создания геометрических элементов. Каждый элемент дерева конструкторской модели находится в определенной связи с другими элементами дерева. Эта связь может проявляться как некоторое ограничение по положению в пространстве, выражающееся посредством размеров, условий параллельности, вертикальности и т.п. одного элемента относительно других элементов дерева. Элементы включают данные о своей геометрии. Например, элемент, представляющий призму, содержит информацию о ее гранях, ребрах и вершинах. Помимо этого элемент включает множество<sup>4</sup> параметров различных типов, содержащих дополнительную (негеометрическую) инфор-

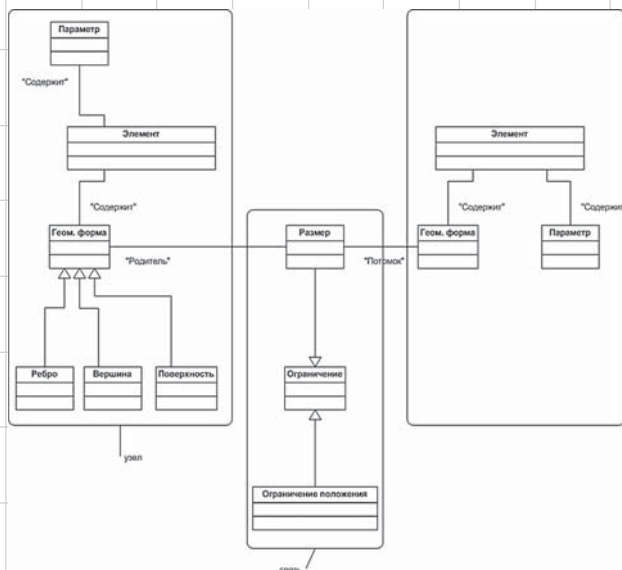


Рис. 1. Структура модели Pro/ENGINEER

<sup>1</sup> Термин САПР может относиться как к различным системам автоматизированного проектирования (конструкторским или технологическим), так и к системам инженерного анализа. В дальнейшем для обозначения областей использования САПР мы будем применять англоязычные термины: CAD — для систем автоматизированного конструирования, CAM — для систем автоматизированного моделирования механической обработки, CAE — для систем инженерного анализа.

<sup>2</sup> Так называемые отчеты (Reports) — создаются автоматически, без участия инженера, по созданным шаблонам.

<sup>3</sup> Для этих целей используется модуль Pro/PROCESS (for MFG).

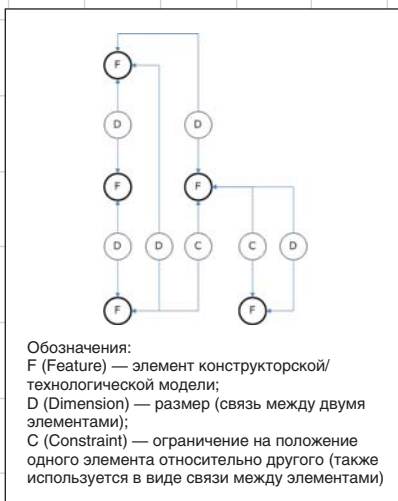


мацию об элементе. Поскольку каждый элемент дерева зависит от данных, содержащихся в одном или более элементах, созданных ранее (то есть находящихся ближе к вершине дерева), то и изменения, вносимые в эти более ранние элементы, отразятся на данных, содержащихся в более поздних элементах. На рис. 1 для примера показана связь между двумя элементами конструкторской модели, называемая параметрической.

Технологическая модель предназначена для моделирования механической обработки конструкторской модели и содержит множество конструкторских моделей. Каждая конструкторская модель имеет некоторое значение в рамках технологической модели — она может играть роль заготовки, детали или приспособления. Помимо конструкторских моделей, в технологическую модель также входит множество специализированных элементов, описывающих технологический процесс механической обработки. Эти элементы содержат в себе информацию об используемом режущем инструменте, параметрах резания и геометрии пути инструмента. Помимо этого элементы технологической модели могут быть связаны с элементами конструкторских моделей.

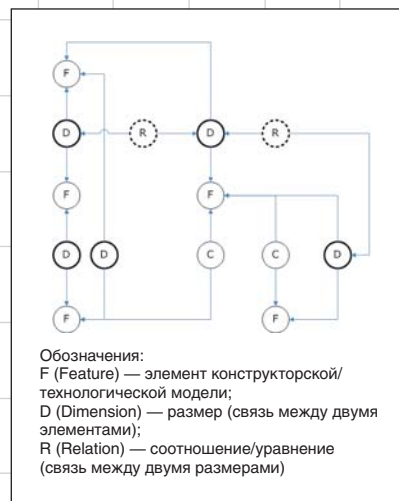
Структура технологической модели совпадает со структурой конструкторской модели и соответствует рис. 1. Связи, возникающие между элементами разных моделей (в отличие от связей между элементами в рамках одной модели), называются ассоциативными<sup>4</sup>.

На рис. 2 и 3 показаны связи между элементами модели и связи между самими параметрическими или ассоциативными связями. В последнем случае роль такого звена играют соотношения — определенные пользователем математические зависимости



Обозначения:  
F (Feature) — элемент конструкторской/технологической модели;  
D (Dimension) — размер (связь между двумя элементами);  
C (Constraint) — ограничение на положение одного элемента относительно другого (также используется в виде связи между элементами)

Рис. 2. Параметрические (ассоциативные) связи между элементами



Обозначения:  
F (Feature) — элемент конструкторской/технологической модели;  
D (Dimension) — размер (связь между двумя элементами);  
R (Relation) — соотношение/уравнение (связь между двумя размерами)

Рис. 3. Связи между параметрическими (ассоциативными) связями в виде соотношений

одного размера от других размеров, используемых в модели.

Из всего вышесказанного необходимо сделать следующие выводы. Во-первых, изменения в связях (размерных и геометрических) между элементами конструкторской модели незамедлительно приводят к изменению геометрии самой модели. А из этого, принимая во внимание определение ассоциативных связей, следует неизбежность изменения элементов технологической модели. Во-вторых, технологическая модель, даже в том случае, если в ней не было смоделировано ни одного технологического перехода механической обработки, уже содержит определенный объем данных. Это связано с тем, что в ней изначально содержатся конструкторские модели. Другими словами, информация при

переходе от КПП к ТПП только накапливается. Таким образом, главным преимуществом сквозной автоматизированной системы подготовки производства является связанность конструкторской и технологической моделей — конструкторская модель интегрируется в технологическую. Вследствие этого сохраняется формат данных моделей, отпадает необходимость в использовании конверторов, что предотвращает потерю данных, хранящихся как параметры внутри элементов моделей. Следующее преимущество сквозной автоматизированной системы — это наличие ассоциативных и параметрических связей, что обеспечивает возможность быстрого внесения модификаций как в конструкторскую, так и в технологическую модель. Более того, изменения, сделанные в рамках конструкторской модели, неизбежно приведут к автоматическому обновлению данных в технологической модели.

О задачах, которые необходимо решить при построении сквозной системы САПР на предприятии, уже говорилось. Здесь же отметим еще одну проблему, связанную с внедрением подобных систем на предприятиях. В настоящее время многие считают, что, поскольку стоимость high-end-пакетов САПР (к таким решениям относится и Pro/ENGINEER) очень высока, модернизация рабочих мест инженеров будет стоить непоправимо дорого. Это не так.

Во многих публикациях освещается постепенный переход на предприятии к автоматизированным рабочим местам. Необходимо также отметить, что интегрирование сквозной систе-

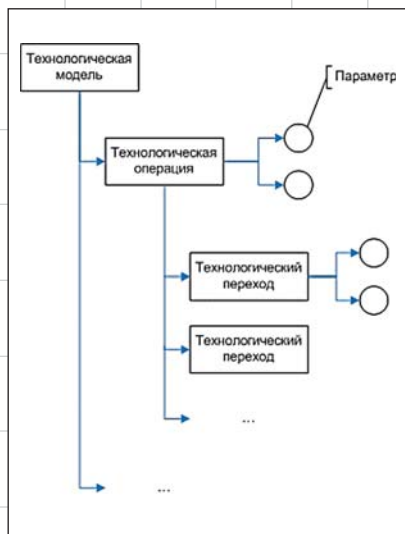


Рис. 4. Данные, содержащиеся внутри технологической модели Pro/ENGINEER

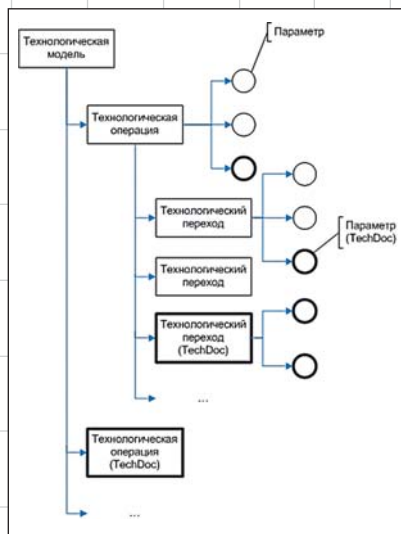


Рис. 5. Элементы модели Pro/ENGINEER, созданные при помощи приложения Pro/TechDoc

<sup>4</sup> Здесь и далее имеется в виду математическое множество.

<sup>5</sup> Таким образом, связь называется параметрической или ассоциативной в зависимости от того, принадлежат ли связываемые элементы одной или нескольким моделям.

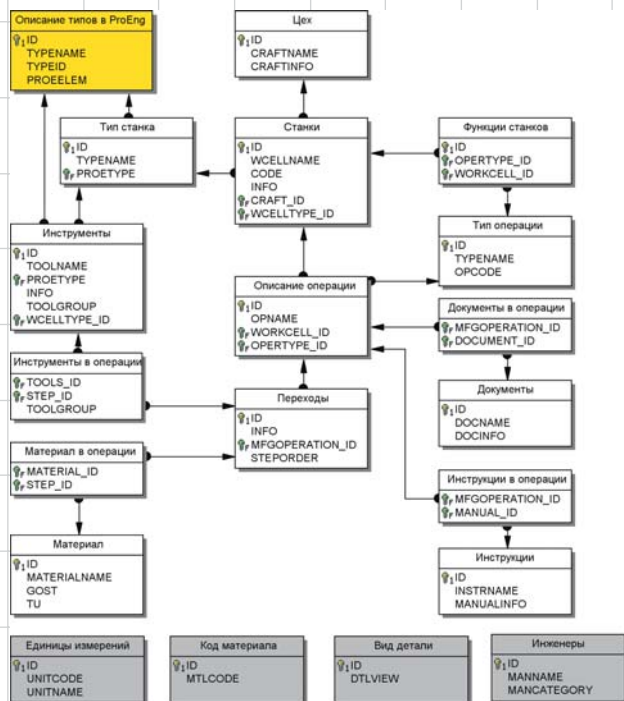


Рис. 6. Структура базы данных приложения Pro/TechDoc

мы проектирования Pro/ENGINEER в конструкторско-технологические процессы предприятия — не единственно возможный способ автоматизации конструкторских и технологических рабочих мест. На отечественных предприятиях применяется практика, когда в отсутствие сформулированной концепции развития IT-технологий и централизованного подхода к автоматизации работы различных служб и отделов приобретаются и устанавливаются специализированные САПР для создания 3D-моделей, чертежей и документации, моделирования механической обработки. Однако модели<sup>6</sup>, создаваемые с помощью разных САПР, могут быть представлены в различных форматах данных<sup>7</sup>. И несмотря на то, что с помощью конверторов возможно передавать модель из одного пакета САПР в другой, между этими моделями невозможно построить параметрические связи, что, в свою очередь, означает отсутствие автоматических обновлений при внесении изменений в какую-либо из моделей.

Таким образом, после описания возникающих при построении сквозной системы САПР задач, определения присущих моделям Pro/ENGINEER ассоциативных/параметрических связей, указания

на недостатки использования специализированных пакетов САПР можно сказать, что для интегрирования САПР Pro/ENGINEER в процессы КТПП предприятия необходимо адаптировать САПР к тем требованиям и стандартам, которые предъявляются к процессу ТПП на отечественных предприятиях. Другими словами, необходимо, чтобы в рамках CAM-модуля<sup>8</sup> Pro/ENGINEER появилась возможность создавать и хранить дополнительные типы операций технологического процесса, а также дополнительную информацию об операциях и переходах ТП. К последнему типу относится информация об используемой СОЖ, применяемых инструментах, номере цеха, а также другие данные, не относящиеся к необходимым при описании перехода/операции механической обработки. Помимо адаптации САПР следует также произвести документирование моделируемого технологического процесса в соответствии с ЕСКД и ЕСТД. Решение указанных задач осуществляется следующим образом. Компания — разработчик системы Pro/ENGINEER обеспечивает пользователям возможность создавать собственные программные модули для взаимодействия со средой САПР, которые

могут получать данные из системы, анализировать их и направлять информацию, полученную в результате анализа данных, обратно в систему Pro/ENGINEER. Указанные возможности работы с информацией реализуются благодаря использованию предлагаемых компанией-разработчиком API-функций. Одним из российских интеграторов САПР создано программное приложение к САПР Pro/TechDoc, которое способно вносить (в виде параметров) информацию о технологическом процессе в элементы технологической модели, а также добавлять в указанную технологическую модель новые элементы, описывающие операции и переходы. На рис. 4. показаны данные, хранящиеся в технологической модели, а на рис. 5 — данные, которые добавляются в модель при использовании приложения Pro/TechDoc<sup>9</sup>.

Однако добавление данных — не основная отличительная черта приложения Pro/TechDoc.

Главным его достоинством является то, что оно взаимодействует с базой данных, в которой хранятся сведения об инструментах, оборудовании, материалах, операциях и переходах, благодаря чему добавление новых элементов в структуру технологической модели Pro/ENGINEER осуществляется в автоматическом режиме. На рис. 6 приведена структура базы данных, с которой взаимодействует приложение Pro/TechDoc.

В базе данных создаются уникальные записи относительно имеющегося оборудования (блок «Станки»), инструмента (блок «Инструменты»), материалов (блок «Материалы»), а также используемых в технологическом процессе документов (блок «Документы») и инструкций (блок «Инструкции»). Для того чтобы подготовить технологическую документацию, необходимо, как уже было сказано, подготовить дополнительную инфор-

мацию, например о типе оборудования (фрезерное, токарное) и типе операции (сверлильная, токарная). Для этих целей в базе данных предусмотрены блоки «Тип станка» и «Тип операции». Помимо этого был введен блок «Цех» для определения места размещения оборудования. Непосредственно перед моделированием технологического процесса необходимо наполнить информацией базу данных. В первую очередь вносятся данные по цехам, оборудованию, операциям и материалам (рис. 7-9).

Следующим шагом может стать создание базы используемых режущих, мерительных и вспомогательных инструментов. В этом случае указывается не только название инструмента, но также тип оборудования, на котором этот инструмент может применяться. Разумеется, если инструмент может быть использован на оборудовании разных типов, то в базе данных необходимо создать соответствующее количество записей об инструменте (рис. 10).

Аналогичным образом создаются записи об оборудовании. При создании записей в базе данных об оборудовании применяются данные таблиц базы данных по цехам и типу оборудования (рис. 11).

В большинстве случаев одному станку соответствует один тип выполняемой на нем операции. Если же на оборудовании можно выполнять несколько типов операций, то, как и в случае создания таблицы инструментов, создается несколько записей для каждого типа операции.

Следующий этап работы с базой данных — создание записи об операциях.

В первую очередь определяется тип операции. Все доступные типы операций, а также их коды, если таковые имеются, уже были внесены в таблицу операций (см. рис. 7). После выбора типа операции указывается оборудование, на

<sup>6</sup> Под моделью можно понимать также чертеж или документ, то есть 2D-модель.  
<sup>7</sup> Формат данных модели САПР — электронное представление 3D-модели или 2D-документа, созданного в системе проектирования. Вследствие того что разные производители САПР используют собственные структуры данных для описания объектов, применяемых в системе проектирования, и собственные библиотеки функций работы с указанными объектами (так называемое ядро системы), форматы данных оказываются несовместимыми друг с другом и модель, созданная в одной САПР, не может быть напрямую загружена в другую САПР. Для того чтобы передавать модели между разными системами проектирования, используются конверторы данных.  
<sup>8</sup> CAM (Computer Aided Manufacturing) — САПР ТП механической обработки.



## ИНСТРУМЕНТЫ АРМ

Наименование операции	Код операции
Фрезерная	4200
Разметочная	0101
Токарная	4110
Слесарная	0100
Накладочная	0156

Рис. 7. Таблица операций

Тип оборудования	Тип оборудования в Pro/Eng
Фрезерное	MILL (Фрезерное)
Токарное	LATHE (Токарное)
Комплекс	MILL_N_TRN (Обработывающий центр)
Сварочное	WELDING (Сварочное)
Слесарное	PUNCH (Выбруное)

Рис. 8. Таблица типов оборудования

№ Цеха	Полное наименование цеха
37	Механо-обработывающий
49	Термо-цех
29	Гальванический
36	Карбон-стальной
35	Заготовительный

Рис. 9. Таблица цехов

Инструмент	Описание	№ Группы	Тип оборудования	Тип инструмента в Pro/Eng
Патрон зажимной	Зажим	приспособления	Фрезерное	NONE
Патрон 3-х зубчатый	Патрон зажимной	приспособления	Токарное	DRILL (Сверло)
Присл. П80.2249	вырубка	приспособления	Слесарное	NONE
П17.21249 - пресс	деталь	обработывающий	Слесарное	NONE

Рис. 10. Таблица инструментов

Служок	Код сл. ст.	Описание	№ Цеха	Тип службы
ТБ-11	111.01	Токарная	37	Токарное
ТБ-23	111.01	Токарная	37	Токарное
ТБ-11	111.01	Токарная (для образцов)	37	Токарное
ТБ-22	111.08	Токарная	37	Токарное
ТБ-22	111.00	Токарная	38	Токарное

Рис. 11. Таблица оборудования

№ Цеха	Название операц	Код Операц	Оборудование	Описание операц
37	Фрезерная	4200	ФР-32 ФЧ-11 ФЧП-24	

Рис. 12. Моделирование операции

Обработывающий инструмент	Измерительный инструмент	Приспособления	Материалы
Касета П21.2530	NRE 102 - прибор	Глубиномер П105	Глубиномер П105
	Глубиномер П105	Глубина П80.1211	Глубина П80.5678
	Изм. шапками МС	Изм. устр. ISO T.T.	

Рис. 13. Моделирование перехода

котором она выполняется. Список возможного оборудования формируется с учетом таблицы оборудования (см. рис. 11). Другими словами, для выбора доступны лишь те типы оборудования, которые предусматривают осуществление заданного типа операции. После выбора операции и оборудования становятся известными номер цеха и код операции. На этом этапе также возможно выбрать наименование применяемых документов и номера инструкций (рис. 12). Поскольку операция состоит из переходов, в программе Pro/TechDoc предусмотрена возможность добавления переходов в каждую из создаваемых операций (рис. 13).

Внесение информации о переходе осуществляется, как и в случае создания операции, в автоматическом режиме. Данные об использовании различных типов инструментов вносятся на основе ранее заполненных таблиц. При этом список доступных инструментов фильтруется в зависимости от типа операции (см. рис. 12). После наполнения операции переходами она может быть отображена в технологической модели Pro/ENGINEER. Возможность хранения данных об операции в указанной модели является важным преимуществом реализованной системы моделирования технологического

процесса, поскольку такие данные могут использоваться в различных системах PDM вместе с той моделью, где они хранятся.

В результате проведенной работы была создана система Pro/TechDoc, взаимодействующая с моделью Pro/ENGINEER и с базой данных технологической информации. ➤

<sup>9</sup> Отметим, что название данного приложения лишь частично отражает его возможности.

# Pro|TECHNOLOGIES

ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ  
БИЗНЕСА

- ✓ Поставщик лучших в классе решений
- ✓ Комплексные поставки
- ✓ Внедрение
- ✓ Обучение



Pro|ENGINEER®  
WILD FIRE™

Windchill

## ВНИМАНИЕ

До 31 марта 2006 года действуют  
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРЕДЛОЖЕНИЯ

для новых пользователей  
и пользователей, имеющих  
активное годовое сопровождение  
лицензий

Подробную информацию смотрите на сайте



[www.pro-technologies.ru](http://www.pro-technologies.ru)

Центральный офис:  
121099 Москва, Смоленская площадь, д. 3  
Бизнес Центр Regus, офис 625  
Тел./Факс: +7 495 933 1019  
E-mail: office@pro-technologies.ru