

Ускорение создания новой продукции на основе автоматизации проектирования в производстве

Аннотация. В статье освещается практический опыт автоматизации проектирования технологических процессов производства в отечественном машиностроении.

Ключевые слова: производство, технологический процесс, САПР, множество, интерактивное проектирование, подготовка производства, ЭВМ, ЕСКД.

Введение. Чтобы обеспечить устойчивость своего функционирования, современные предприятия машиностроения используют новейшие достижения науки и техники, направленные на повышение технико-экономической эффективности производства. Достигается это благодаря сокращению длительности процессов проектирования и освоения производством более совершенных видов машин, оборудования, аппаратов и технологических процессов (ТП). Рыночные условия предъявляют более жесткие требования к темпам реализации задач, связанных с проектированием в производстве. В настоящее время на ускорении освоения новой техники, технологий и новых изделий негативно сказываются возникший дефицит кадров, занятых в технической подготовке производства, и продолжающаяся тенденция снижения престижности профессий в данной области производства. В этой связи возрастают роль и значение систем автоматизированного проектирования (САПР) для преодоления существующих противоречий между возрастающей сложностью, трудоемкостью и ответственностью задач, решаемых при проектировании, с одной стороны, и объективной необходимостью ускорения темпов создания и освоения производства новой продукции с другой.

Освоение выпуска новых изделий требует соответствующей технологической подготовки их производства, включающей сложный комплекс организационно-технических мероприятий и инженерно-проектных работ. Значительный объем работ в таком комплексе приходится на разработку технологических процессов изготовления деталей.

Проектирование ТП обусловлено решением большого числа трудноформализуемых логических задач. Это связано с тем, что технология изготовления деталей носит описательный характер и отличается отсутствием строгих аналитических зависимостей, сложными взаимосвязями между отдельными элементами ТП и наличием множества сведений об операциях, переходах, оборудовании, приспособлениях, инструментах и т. д. Использование САПР позволяет существенно сократить трудоемкость проектирования технологических процессов и общий цикл освоения производства новых и модернизированных изделий.

Анализ зарубежного и отечественного опыта создания систем автоматизированного проектирования позволяет сделать ряд выводов:

- зарубежные разработки в основном используют методологию CAD/CAM и CAPP — систем, обладающих хорошей адаптивностью к производству;
- отечественные системы этого типа в основном повторяют проектные решения своих зарубежных прототипов, причем не всегда удачно;
- несмотря на хорошую адаптивность, зарубежные системы слабо внедряются в нашей производственной среде;
- уровень автоматизации за рубежом уже перешагнул ту грань, за которой производство и методология автоматизации не могут развиваться автономно;
- несмотря на прилагаемые усилия в области разработки теоретических основ и методологических принципов создания систем автоматизированного проектирования для реального промышленного производства, предметная область САПР остается слабоформализуемой с высокой степенью принятия субъективных решений;
- с учетом ситуации, сложившейся в отечественном производстве, и уровня развития автоматизации проектирования — рацио-

нально применение идеологии интерактивного проектирования (ИП);

- основными направлениями интерактивного проектирования следует считать: прямое проектирование, аналоговое заимствование и элементную компоновку.

Представленные выше и другие обстоятельства, в свою очередь, порождают ряд вопросов:

Какие условия определили возникновение сложившихся направлений в САПР?

Что общего между направлениями и в чем их различия?

В каком направлении необходимо развивать САПР?

Как должен поступать пользователь, решая проблему выбора САПР?

Результаты. В данной статье предпринята попытка дать ответы на поставленные здесь вопросы.

Для этого необходимо исследовать область определения, на которую распространяется САПР.

Пусть $\Delta = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ — многомерный шар, где $x_i \in \Delta, i = \overline{1, n}$ — векторы, суть которых: виды обработки, виды станков, конфигурация деталей, типы производств и т. д.

Для наглядности изобразим это множество в виде представленного рис. 1.

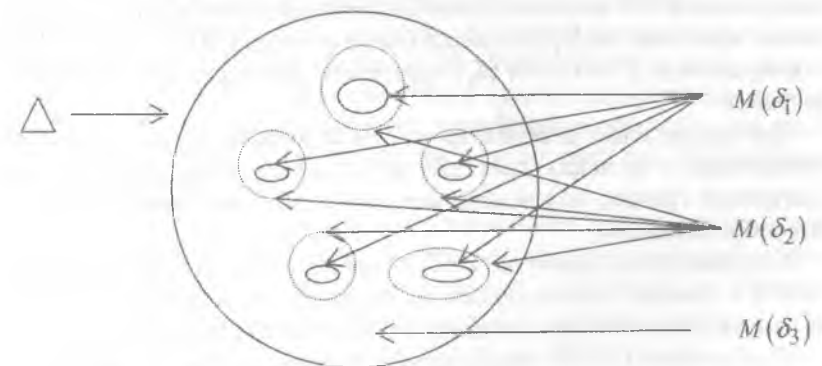


Рис. 1 Составляющие производства и его технологии.

Можно разбить на три множества подмножеств:

$$\Delta = M(\delta_1) \cup M(\delta_2) \cup M(\delta_3),$$

где $M(\delta_1)$ — подмножество, хорошо поддающееся формализации и позволяющее основную массу функций на нем реализовывать в среде ЭВМ, автоматическим способом;

$M(\delta_2)$ — множество, поддающееся формализации — в лучшем случае — на уровне таблиц условий, приемлемых для реализации на ЭВМ;

$M(\delta_3)$ — множество, неформализуемое либо формализуемое при неприемлемых затратах ресурсов ЭВМ.

В качестве иллюстрации рассмотрим множества:

$M(\delta_1)$ — такие X_i , как механообработка, детали тела вращения, массовое производство;

$M(\delta_2)$ — такие X_i , как механообработка, детали тела вращения сложной конфигурации, детали не тела вращения, серийное производство;

$M(\delta_3)$ — такие X_i , как сборка, монтаж, регулировка, агрегаты, узлы, сложные корпусные детали, опытное производство.

Предварительный анализ реальных производств в стране показывает, что в области определения каждое множество составляет соответственно $M(\delta_1) \approx 5\%$, $M(\delta_2) = 28\%$, $M(\delta_3) = 67\%$. Результаты этого анализа дают ответ на первый вопрос: основным условием возникновения сложившихся направлений автоматизированного проектирования ТП является уровень формализации области определения, при этом $M(\delta_1)$ породило направление САД/САМ, $M(\delta_2)$ — направление САПР, а $M(\delta_3)$ идеологию интерактивного проектирования.

Все направления определены на одной области Δ , взаимно непротиворечивы и не исключают друг друга, между ними нет четко обозначенных границ, но в основе каждого лежит свой доминирующий способ реализации.

Следовательно, развитие САПР необходимо в каждом из направлений с учетом последующей интеграции их в единую систему, поскольку реальное производство обладает всей областью Δ .

При выборе САПР пользователю рекомендуется руководствоваться соотношением множеств $M(\delta_i) = 1,3$ в Δ своего производства.

К настоящему времени сложилось три метода использования ЭВМ в технологической подготовке производства (ТПП):

- программный (автоматический), при котором принятие проектных решений выполняется машиной по введенной в нее программе на основе исходной информации, формируемой технологом;
- заимствования (аналоговое проектирование), при котором осуществляется поиск в архиве готовых технологических решений с последующей их доработкой применительно к особенностям конкретных объектов проектирования;
- диалоговый (интерактивный), при котором основные проектные решения принимаются пользователем, а ЭВМ используется исключительно для подготовки и обработки данных в процессе выработки решений.

Из указанных методов наиболее широкое применение в разрабатываемых системах технологического назначения получил программный метод. Применение метода заимствования требовало создания единой теории классификации деталей и разработки на ее основе единого научно-методического руководства в области технологической классификации. Между тем априорные оценки требуемых объемов дисковой памяти для хранения готовых технологических решений в символьном представлении показали, что для среднего машиностроительного предприятия с единичным и мелкосерийным типом производства и количеством технологических процессов, равным 15 тыс. для расчета средней по объему технологии (10 операций и 10 технологических переходов на каждую операцию) требуется дискового пространства приблизительно в 80–90 Мбайт. С учетом накладных расходов (память для служебной информации), которые могут составлять от 20 до 100% объема основной информации, для хранения технологических процессов требуется в среднем 128–144 Мбайт дисковой памяти.

Этот и ряд других факторов не позволяют широко использовать метод заимствования в качестве основного в системах технологического назначения, а там, где он применяется, как правило, не удавалось достичь требуемого коммерческого уровня разрабатываемых систем. Успешное применение диалогового метода стало возможным лишь с появлением новой вычислительной техники, оснащенной широкой сетью видеотерминальных устройств (мини ЭВМ и ПЭВМ), что позволило перейти к разработке принципиально новых, более эффек-

тивных человеко-машинных систем. Более того, в условиях неполной определенности и слабой формализации задач, связанных с ТПП, при автоматизации диалоговый метод становится основным методом, позволяющим реализовать в полном объеме задачи технологической подготовки производства по всем технологическим переделам независимо от конструкторских характеристик проектируемых объектов.

В разработанной и развиваемой САПР ТП приоритет отдан диалоговому методу, как наиболее адекватному специфике решаемых задач в процессе проектирования технологий производства и используемых современных технических средств. Основным принципом диалогового проектирования является целесообразное распределение функций между технологом-проектировщиком и ЭВМ на основе взаимного дополнения и использования опыта человека и возможностей вычислительной машины. Режим диалога учитывает умение технолога ориентироваться в условиях неполной определенности технологических задач и его способность принимать решения по неформализуемым критериям. Человеко-машинная система «Технолог – ЭВМ» представляет собой совокупность технических и программных средств, обеспечивающих общение технолога с ЭВМ в процессе проектирования и управление этим процессом. Центральное место в такой системе занимает технолог. ЭВМ и другие технические средства способствуют резкому повышению производительности труда и качества проектных решений. Разработанная и развиваемая интерактивная система ТПП реализует одну из главных функций в освоении производством новых и модернизируемых изделий — проектирование технологии их изготовления на базе ПЭВМ. Она позволяет получать в диалогом режиме маршрутно-операционные технологии изготовления деталей любой конфигурации.

Кроме того, использование системы обеспечивает формирование и печать следующих технологических документов: титульного листа, маршрутной карты, операционной карты, операционной карты контроля, ведомости оснастки, ведомости материалов, комплектовочной карты, карты типового технологического процесса, ведомости деталей типового технологического процесса, ведомости технологических документов, извещения об изменении. С помощью системы также осуществляются:

- изменение технологических документов средствами собственного редактора и получение извещений об изменении автоматическим способом;

- формирование базы данных обо всех проведенных изменениях в технологических процессах.

Основная область использования системы — подготовка производства новых и модернизируемых изделий, осуществляемая службой главного технолога. Наиболее эффективно использование системы на предприятиях машиностроения и приборостроения с любым типом производства.

Разработанная система позволяет проектировать технологию изготовления деталей общемашиностроительного применения для всех видов обработки. Она базируется на использовании единых систем конструкторской и технологической документации (ЕСКД, ЕСТД), единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП), единой системы программной документации (ЕСПД).

В основу разработки интерактивной системы технологической подготовки производства положены следующие принципы:

- сохранение общепринятой технологии проектирования ТП;
- обеспечение высокой реакции в режиме запрос-ответ;
- минимизация требуемых объемов внешней памяти ЭВМ;
- постоянное обновление данных с целью обеспечения их соответствия производственным условиям;
- обеспечение средствами для обучения пользователей системы;
- возможность усложнять содержание и расширять состав задач, решаемых в процессе проектирования.

Сохранение общепринятой технологии проектирования в системе достигается за счет разработанной логической структуры диалога, физически отраженной в ЭВМ. При настройке системы на конкретную технологию проектирования логическая структура диалога может изменяться.

В системе реализован вид диалога, который инициируется системой, а пользователь имеет свободу выбора сообщений. При необходимости пользователь может частично брать на себя инициативу диалога что требует от него хороших знаний языка технологического проектирования.

Диалог в системе осуществляется представлением на экране монитора соответствующего запроса, рабочей информации в форме «меню» и вводом ответа пользователя посредством клавиатуры в терминах языка системы. Если технолог испытывает затруднение при

формировании ответа, система по его желанию может выдать подсказывающую информацию, необходимую для принятия соответствующего решения. Такая возможность расширяет профессиональный круг пользователей системы на предприятии и обеспечивает слабую зависимость ее от квалификации технолога-проектировщика.

Обеспечение высокой реакции системы в режиме запрос-ответ является основным критерием, по которому можно судить о коммерческой ее стороне. Причем говоря о реакции, необходимо подразумевать ее независимость от сложности всевозможных запросов в системе и объема информационной базы. Диалоговые системы, у которых время реакции на запрос больше 10-15 сек., как правило, отторгаются пользователями, поскольку не обеспечивают возможность оперативной реализации стоящих перед ним производственных задач.

В разработанной системе реализовано достаточно эффективное средство связывания информации как в процессе создания базы данных, так и в процессе технологического проектирования, обеспечивающее доступ к данным на аналитически-логическом уровне, что позволяет достичь времени реакции на один запрос в диалоговом режиме эксплуатации системы 0,5-3 сек.

Процедурный характер связей элементов в БД и аналитический способ их выявления обуславливают отсутствие ассоциативных ссылок в физической структуре данных и обеспечивают хранение только характеристик производственной среды. Это позволяет сократить объем внешней памяти, требуемый для хранения в системе служебной информации, до 2%. Поэтому при автоматизации технологической подготовки производства на конкретных предприятиях удается обходиться минимальной конфигурацией ЭВМ. При автоматизации технологических работ это создает предпосылки для охвата основной массы предприятий (80-90%), относящихся к малым и средним и не имеющих возможности приобрести дорогостоящие вычислительные комплексы.

Успешная эксплуатация системы в значительной мере зависит от используемой системы управления базой данных (СУБД). Это вызвано тем, что в процессе функционирования СУБД должна обеспечивать пользователя достоверной информацией, отражающей состояние производственной среды на каждый момент времени.

В рассматриваемой системе используется оригинальная СУБД, разработанная на основе описанного метода и позволяющая осущест-

влять функции настройки на структуру данных, на входную информацию конкретного предприятия и обеспечивать возможность корректировки БД в режиме удаления, замены и пополнения данных в процессе эксплуатации системы.

Выводы. Необходимо отметить, что современный уровень автоматизации работ, производимых в различных отраслях народного хозяйства, предъявляет новые требования к разрабатываемым автоматизированным системам любого назначения.

В отношении проблем автоматизации проектирования технологических процессов следует прежде всего отметить необходимость выработки аксиоматической основы рассматриваемой предметной области автоматизации, критериальных характеристик, позволяющих пользователю с достаточной степенью точности ориентироваться при выборе САПР под конкретное производство, обеспечения функциональной полноты проектируемой системы и ее интеграции в комплексную автоматизированную систему управления производством. Именно по этим направлениям осуществляется совершенствование и развитие разработанной САПР ТП.

Данная статья написана в рамках выполнения НИР «Разработка стратегии обновления производственного потенциала в промышленности» (№ ГР 0102 У 001977).

Литература

1. Захарченко В. И. Инновационный процесс на машиностроительном предприятии в условиях перехода к рынку. — М.: Стар. — 1993. — 128с.
2. Замков О. О., Толстопятенко А. В., Черемных Ю. Н. Математические методы в экономике. — М.: ДНС. — 1998. — 368с.
3. Лысенко Ю. Г., Егоров П. В., Овечки Г. С., Тимохин В. Н. Экономическая кибернетика: Учебное пособие. — Донецк: Юго-Восток. — 2004. — 516с.