

ADEM. Четвертое поколение систем автоматизации подготовки производства с ЧПУ

Андрей Быков, Рифкат Карамов, Константин Карабчиев (Группа компаний ADEM)

Как известно, к основным методам механообработки относятся резка, фрезерование, точение, сверление, шлифование, полирование и др. Все они связаны с удалением части материала заготовки с целью получения детали нужной формы. Достигается это движением режущего инструмента относительно заготовки.

Появление оборудования с числовым программным управлением (ЧПУ) позволило заменить большую часть ручного труда в механообработке, но при этом поставило новую задачу подготовки производства: программирование этого оборудования.

На первых этапах автоматизации программирование сводилось к ручному написанию управляющих кодов. Грубо говоря, технолог-программист пошагово описывал траекторию инструмента. Этот метод можно встретить и сегодня – для несложных деталей и, в основном, для плоской обработки.

Необходимость изготовления деталей со сложной геометрией и неплоскими поверхностями привела к тому, что число кадров (шагов) в управляющих программах (УП) стало измеряться тысячами. Создавать вручную подобные УП за разумный период времени стало практически невозможно.

Выход из этой ситуации связан с созданием САМ-систем (англ. *Computer-aided manufacturing*). Основная задача САМ – автоматизировать получение траектории инструмента на основе цифровой 2D- или 3D-модели детали.

Появление САМ-систем можно назвать **первым этапом развития ПО для автоматизации подготовки производства с ЧПУ**.

Помимо получения траектории инструмента попутно была решена задача автоматического формирования на её основе управляющих программ для оборудования различных видов. Появился новый класс программных продуктов – постпроцессоры, которые представляют собой трансляторы, преобразующие описанную в формате САМ-системы траекторию в коды различных систем управления станками.

Первый этап развития САМ-систем открыл возможность быстро получать результат, но при этом породил ряд серьезных проблем. Дело в том, что для создания корректной УП требовалось ответить на следующие важные вопросы:

- 1 Где взять цифровую модель детали?
- 2 Как внести изменения в цифровую модель, чтобы привести её к необходимому для данного технологического этапа виду?
- 3 Как проверить результат работы САМ-системы, состоящий из многих тысяч кадров, еще до выхода на оборудование?

Ответ на первый вопрос напрашивался сам собой: основной источник цифровых моделей – это

САД-системы, а значит нужно научить САМ-системы читать и воспроизводить эти модели. Здесь возникают всем известные проблемы обмена данными, но мы сейчас не будем на них останавливаться и перейдем ко второму вопросу.

Да простят нас конструкторы, но те модели деталей, которые они строят при проектировании, использовать для подготовки производства на практике очень сложно. Этому есть и объективные причины – например, для каждой операции технологического процесса нужна своя промежуточная модель. Но есть и субъективные, связанные с тем, что конструктор при моделировании часто применяет те же подходы, что и при черчении согласно правилам ЕСКД и т.п.

Всё это привело к выводу, что технолог-программист ЧПУ тоже должен иметь в своих руках САД-систему – как для разработки 3D-моделей, так и для их редактирования. Еще лучше, если это будет объединенная САД/САМ-система с единой логикой управления, исключающая проблемы обмена данными в процессе итераций.

Появление интегрированных САД/САМ-систем можно назвать **вторым этапом развития ПО для автоматизации подготовки производства с ЧПУ**.

Более того, современные САД/САМ-системы включают в себя средства визуализации и верификации движения инструмента – для предварительного контроля, снижающего риски для оборудования, инструмента и заготовки. Что является ответом на третий вопрос.

Теперь обратим внимание на тот момент, что, формируя данные для создания УП в САД/САМ-системе, пользователь автоматически собирает всю необходимую информацию и для выпуска технологической документации на операцию механообработки. И тут как нельзя лучше подходит интегрированный в систему модуль **САПП** (англ. *Computer-aided process planning*). Он представляет собой средство автоматизации выпуска технологической документации, которое позволяет формировать карты техпроцесса и другую сопутствующую документацию в соответствии с международными стандартами, ГОСТ или стандартами предприятия.

Таким образом, можно определить и **третий этап развития ПО для автоматизации подготовки производства с ЧПУ** – интегрированные САД/САМ/САПП-системы, объединяющие под одной крышей функционал автоматизации труда заводского технолога и технолога-программиста.

Рассмотрим более подробно деятельность технолога-программиста при работе с САМ- или САД/САМ-системой. Если самый трудоемкий процесс – проектирование траектории инструмента – теперь автоматизирован, то что же остается на долю человека?

А осталась всё еще значительная (хотя в основном и творческая) часть технологических задач из общего перечня (табл. 1).

Кроме пунктов 9 и 11, которые выполняются теперь полностью автоматически, и пунктов 10

и 12, которые автоматизированы, прочее пока лежит на плечах технологов и технологов-программистов.

А есть ли необходимость и возможность автоматизировать процесс решения оставшихся задач?

Табл. 1. Автоматизация подготовки данных для механообработки деталей на станках с ЧПУ


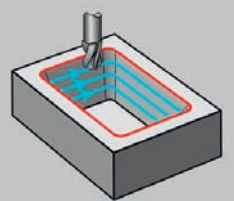

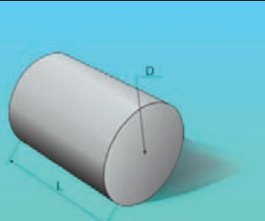
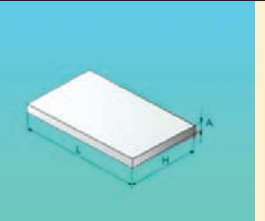
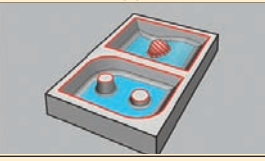
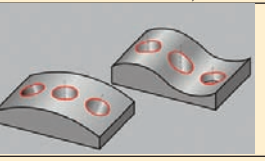

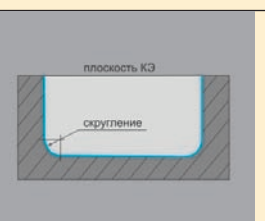
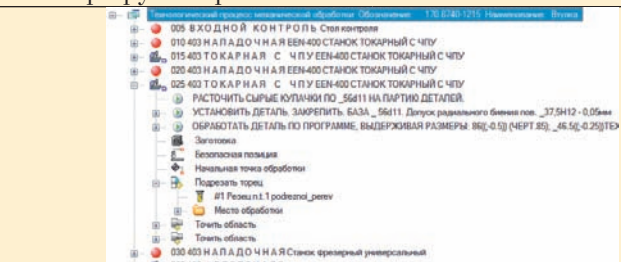
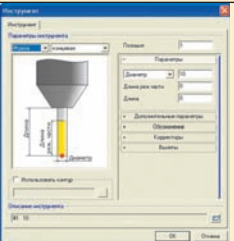
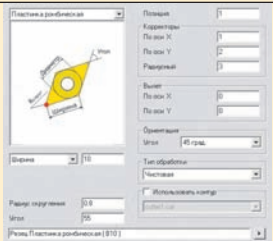
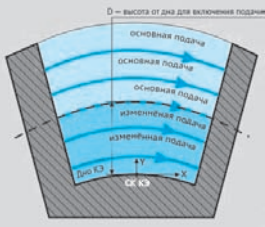
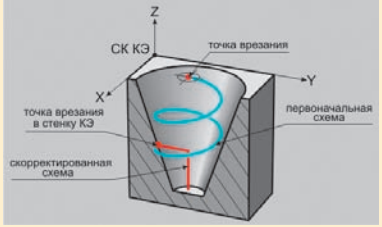
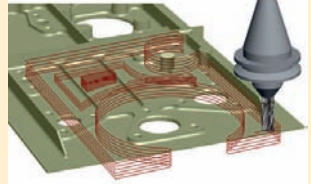
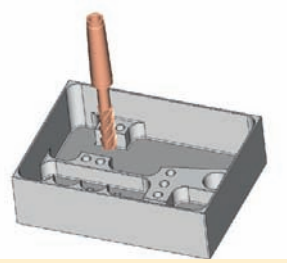
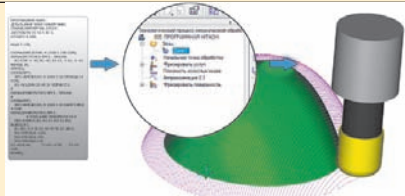

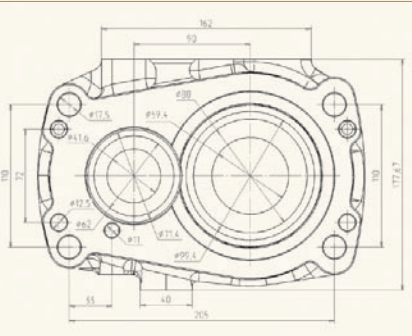
Основные задачи		Поколение 3	Поколение 4
1. Выбор метода механообработки			
			
2. Выбор оборудования			
			
3. Выбор заготовки			
			
4. Представление детали в виде системы технологических КЭ, выбор схем обработки			
			
5. Назначение геометрических параметров КЭ			
			
6. Создание маршрута обработки			
			

Табл. 1. (продолжение)

Основные задачи	Поколение 3	Поколение 4
7. Выбор инструмента		
		<p style="text-align: center;">-</p> <p style="text-align: center;">+</p>
8. Выбор режимов резания		
		<p style="text-align: center;">-</p> <p style="text-align: center;">+</p>
9. Формирование траектории инструмента		
	<p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">+</p>	
10. Контроль столкновений и разрезов		
	<p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">+</p>	
11. Формирование УП		
	<p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">+</p>	
12. Выпуск технологической документации		
		<p style="text-align: center;">+</p> <p style="text-align: center;">+</p>

Насчет необходимости ответ нам даст известный факт – постоянный дефицит специалистов в области подготовки производства с ЧПУ.

Теперь о возможности решения. Сложность здесь связана с многовариантностью, причем критерии выбора лучшего из вариантов решения лежат в области практического опыта технологов и носят несколько субъективный характер. Но вспомним о дефиците кадров и скажем себе, что в данной ситуации нас устроит любой вариант из всех возможных. Главное – чтобы он был правильным, пусть и не самым рациональным. И если у нас хватит квалификации, чтобы его оценить и предложить лучшее решение, то мы его исправим.

Начнем с представления формы детали системой технологических КЭ. Подобная декомпозиция необходима для того, чтобы назначить правильные схемы обработки для разных групп поверхностей.

Для справки, на практике встречается множество схем обработки. Только для фрезерования можно назвать такие типы операций, как: торцевое фрезерование; фрезерование уступов; профильное фрезерование; фрезерование колодцев (карманов); фрезерование пазов; плунжерное фрезерование; трохoidalное фрезерование и т.д.

Для чего необходимо применять разные схемы механообработки на разных участках детали? В принципе, некоторого результата можно добиться, используя одну схему, но только результат этот будет далек от области рационального: мы не получим необходимое качество поверхностей детали, а износ оборудования и инструмента может оказаться катастрофическим.

Декомпозиция модели на конструктивные элементы (КЭ) зависит от метода механообработки. Например, для токарных работ нужно выделить такие КЭ, как область, канавка (паз), торец и т.п. Более того, нужно определить, к какой стороне детали – внешней или внутренней – они относятся, и со стороны какого торца их лучше точить (рис. 1).

Для фрезерных работ нужно выделить группы поверхностей, образующие колодцы, уступы, стенки, окна, отверстия и др. В случае многопозиционной фрезерной обработки требуется определить ориентацию каждой позиции и распределить элементы по этим зонам (рис. 2).

Если таким образом автоматически будут сгруппированы грани 3D-модели детали, то на основе геометрического анализа можно автоматически определить схемы обработки и получить параметры конструктивных элементов детали.

Формирование маршрута обработки состоит, в основном, в определении последовательности обработки КЭ. На практике это одна из самых субъективных процедур – для одной и той же детали можно встретить совершенно разные последовательности обработки, написанные разными технологами.

Тем не менее, существует ряд общих объективных критериев, на которые можно опираться. Например, количество смен инструмента должно быть минимальным. Проще говоря, вначале сверлим всё, что

возможно, сверлом одного диаметра, потом меняем инструмент и сверлим все отверстия другого диаметра. Еще один критерий основывается на минимизации пути: чем короче холостой ход инструмента, тем лучше. Существуют и другие подобные критерии, которые можно формализовать математически.

Теперь о выборе инструмента. Если вынести за скобки такую “экзотику”, как специально изготовленный инструмент нестандартного профиля, и считать, что всегда применяется стандартный инструмент, то можно автоматизировать и выбор его параметров. Например, для фрезы – найти её диаметр.

На основе анализа геометрии граней, входящих в КЭ, можно формализовать и автоматизировать процедуру определения подходящего инструмента, как для чистовой, так и для черновой обработки.

Зная характерные размеры, можно автоматически подобрать и конструкцию инструмента – из каталогов производителей или базы данных инструмента предприятия.

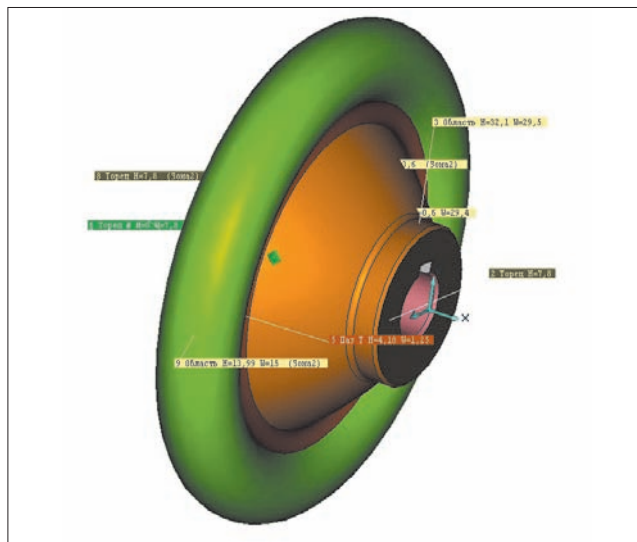


Рис. 1. Распознавание КЭ точения в ADEM

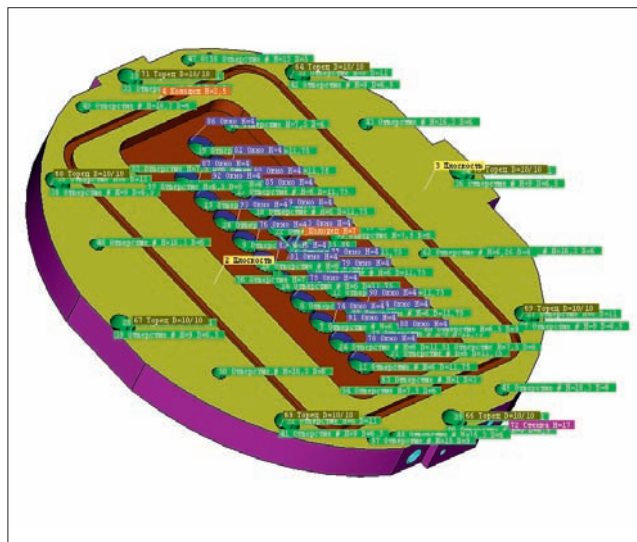


Рис. 2. Распознавание КЭ фрезерования в ADEM

Несколько слов о режимах резания. Их определяют такие параметры, как скорость подачи, глубина резания, скорость резания, частота вращения шпинделя и др. Для выбора и расчета режима резания используются следующие данные о технологическом процессе: характеристика оборудования, характеристика металлорежущего инструмента, характеристика обрабатываемой заготовки, размеры детали.

Существует большое разнообразие методик выбора режимов резания, не считая общемашиностроительных нормативов. Такие методики есть и у фирм – производителей инструмента, и у предприятий, занимающихся механообработкой. Задача подключения баз данных и/или алгоритмических методик в современных системах автоматизации имеет сегодня вполне конкретные решения, и мы не будем на ней останавливаться.

Таким образом, как мы видим, исходная геометрия детали переходит в завершённую систему технологических параметров, необходимых для формирования управляющей программы для станка с ЧПУ. В основе всего этого процесса лежит принципиально новый математический аппарат распознавания технологических объектов. Соответствующее программное решение в системе *ADEM* получило наименование *ADEM CAM Expert*. Это название, как нам кажется, в полной мере отражает суть и назначение этого интеллектуального модуля.

Можно с уверенностью сказать, что появление такого вида программного обеспечения характеризует уже **четвертый этап развития ПО для автоматизации подготовки производства с ЧПУ.**

Теперь немного поговорим об очень важном аспекте применения такого рода “искусственного интеллекта”. Какие возможности, кроме быстрого получения результата, открываются для технолога при использовании модуля *CAM Expert*?

Начнем со способов управления и исправления автоматически полученного решения.

Во-первых, вполне применим традиционный способ: непосредственно в *CAM*-модуле системы *ADEM* изменить маршрут, переопределить типы КЭ, переназначить геометрические и технологические параметры и пр. Этот способ позволяет учитывать и вносить самые тонкие нюансы.

Во-вторых, можно менять параметры системы распознавания и запускать автоматический процесс заново – благо, это теперь не требует больших трудозатрат. При этом можно вообще не углубляться в дебри параметров *CAM*-модуля, а просто анализировать процесс виртуальной симуляции обработки и принимать то или иное решение на уровне *CAM Expert*.

Ну и конечно есть третий – комбинированный – способ.

Но это еще не всё. В процессе распознавания *CAM Expert* производит анализ и диагностику топологии и геометрии *3D*-модели. При этом учитываются реальные связи и точное взаимное расположение поверхностей, выявляются плохо различимые визуальными особенностями – это позволяет избежать многих проблем, свойственных ручному вводу данных с модели.

В заключение хотим отметить следующее. Средства автоматического распознавания технологических объектов могут быть полезны не только начинающему технологу-программисту, но и опытному специалисту в этой области, они позволят избавиться от рутинных действий, от которых мало кто пребывает в восторге.

Мы описали процесс автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства с ЧПУ, включающий большую часть перечня задач технолога. За рамками остались лишь первые три пункта перечня: выбор метода механообработки, выбор оборудования и выбор заготовки. Кто-то может сказать, что эти задачи имеют простые и очевидные решения. Во многом они будут правы, но не во всём... 🙄



ADEM

C A D / C A M / C A P P

Пространство для мыслей

Автоматизированное проектирование в ADEM

<http://www.adem.ru>

Группа компаний ADEM

Москва:

ул. Иркутская, д.11/17, корп. 1,3, офис 244
тел/факс. (7-495) 462 01 56, (495) 502 13 41
e-mail: moscow@adem.ru

Ижевск:

ул. Красноармейская, д. 69, 3-й этаж
тел.: +7 (3412) 52 23 41,
+7 (3412) 52 24 33, +7 (3412) 52 81 32
e-mail: izhevsk@adem.ru

Екатеринбург:

ООО "Уральское Отделение ADEM"
620147, а/я 70
тел/факс: +7 (343) 267 44 25
Моб: +7 (922) 224 31 90
e-mail: adem@urmail.ru