

# Наиболее распространённые проблемы обработки на станках с ЧПУ, решаемые с помощью CAD/CAM/CAPP-системы ADEM



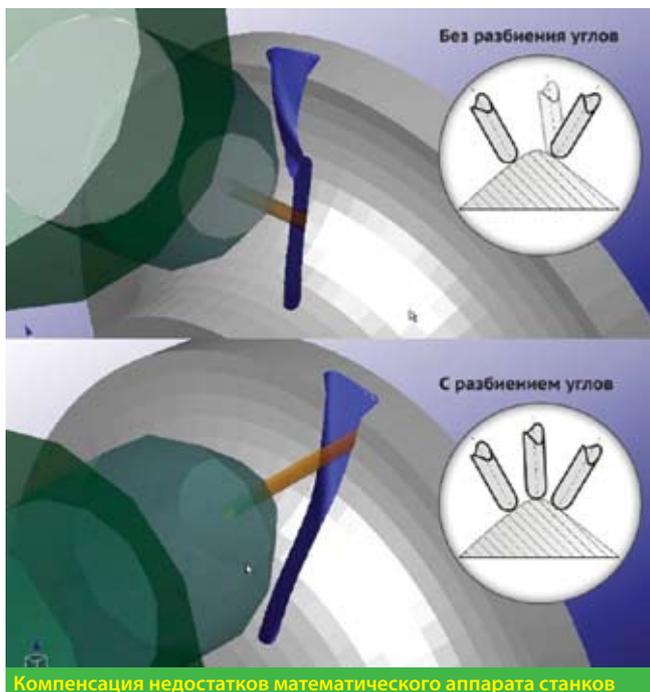
Сегодня на многих машиностроительных предприятиях России активно происходит техническое перевооружение производства. Обновляется устаревший станочный парк для механообработки, а также других видов обработки металлов (литье, термообработка, обработка металлов давлением и др.). К сожалению, не все предприятия, а именно их руководящий состав, понимают, что аппаратная автоматизация производства (станки с ЧПУ) неразрывно должна быть связана с программной автоматизацией (соответствующие CAD/CAM/CAE/PDM/MES-системы). Невозможно добиться качественного результата по повышению производительности только лишь путем закупки нового металлообрабатывающего станка, который очень часто программируется вручную оператором на стойке с ЧПУ, сводя на нет все финансовые затраты по его закупке. Ведь управляющую программу все равно надо проверять непосредственно на станке, все команды и функции приходится прописывать вручную на стойке. Конечно же, очень много предприятий довели свой уровень автоматизации процессов производства до очень высокого, внедрив у себя и MDC-системы для сбора аналитики и мониторинга использования оборудования с ЧПУ, и MES-системы для грамотного планирования производства, и PDM-системы для организации работы с конструкторско-технологическим составом изделия. Но ведь и сейчас на профильных выставках по металлообработке можно услышать вопросы аля «а что такое

CAM-система» или «мы закупили новые станки фирмы ..., но их программирование осуществляем на контроллере ЧПУ». При грамотной финансовой политике стоимость систем автоматизации почти полностью растворяется на фоне стоимости металлообрабатывающего станка, тем более, что такое внедрение не требует массивных одноразовых финансовых вложений, а может быть распределена в зависимости от выполнения определенного этапа внедрения.

Несмотря на активизацию процессов техперевооружения производств, на мощностях сохраняются станки еще советского образца, нуждающиеся в замене. Спрос на новейшие модели металлорежущих станков и обрабатывающих центров с ЧПУ еще значительно превалирует над предложением, а точнее, над финансовыми возможностями предприятий по закупке того или иного вида оборудования. Эта ситуация стала наиболее острой в связи со значительным повышением курса иностранных валют и неспособностью отечественных станкостроительных предприятий за удобоваримую стоимость удовлетворить возрастающий спрос.

Но в этой статье мы предлагаем читателям коснуться именно проблем внедрения систем автоматизации подготовки управляющих программ (УП) для станков с ЧПУ (а сокращенно, CAM-систем), а следовательно, проблемам адаптации CAM-системы к производственным процессам на станках с ЧПУ. Ведь именно CAM-система по своему служебному назначению наиболее приближена к конечному результату деятельности машиностроительного предприятия, а именно, к изготовлению продукции в необходимые сроки в необходимом количестве согласно размерным характеристикам и техническим требованиям, указанным на чертеже. CAM-система является буферным звеном между виртуальной и реальной моделью детали или сборочного узла, поэтому относиться к ней следует не как к «коробочной» поставке, а как к полноценному решению, включающему множество факторов-проблем предприятий, которые приходится решать специалистам по внедрению систем и которые от предприятия к предприятию могут быть очень многообразными, что нередко влияет на совокупное ценообразование решения в каждом конкретном случае.

Первая из таких проблем ранее описывалась в наших статьях, а именно проблема отсутствия синхронизации работы приводов станка по линейным и круговым перемещениям – разбиение перемещений с большим угловым перемещением по одной из осей вращения. Это случаи, когда обработка уже спроектирована, получена управляющая программа, а станок не может корректно отработать все запрограммированные перемещения инструмента. Такие трудности имеют место при несовершенстве математического аппарата стан-

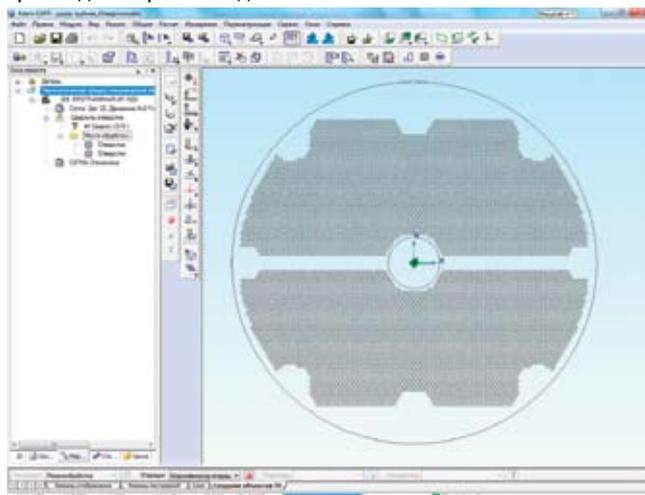


ков. Например, случай, когда отсутствует синхронизация перемещений по угловым и линейным осям. Грубо говоря, по прямой инструмент перемещается быстро, а поворачивается (наклоняется) медленно. В таких случаях, если встречается участок траектории инструмента с небольшим линейным перемещением и довольно большим изменением угла наклона инструмента, происходит следующее: инструмент совершает перемещение по прямой, практически не изменяя угла наклона, а после того, как инструмент уже пришёл в конечную точку перемещения, происходит большая часть перемещения по угловым осям. Как следствие — зарезы на поверхности детали, получаемые от неравномерности перемещений инструмента. Выход из этой ситуации один – компенсировать недостатки в математических расчётах, выполняемых станком, средствами CAM системы. ADEM позволяет в таких случаях разбивать большие перемещения по угловым и линейным осям на несколько небольших участков, тем самым давая возможность станку выполнить перемещение и по линейным, и по угловым осям с примерно одинаковой скоростью, что позволяет в конечном итоге избежать дефектов в виде зарезов на формируемой поверхности.

Еще несколько случаев, относящихся к программированию обработки на станках с ЧПУ старого образца. Это относится к станкам, которые не поддерживают круговую интерполяцию в 360 градусов. За счет постпроцессора в программной среде ADEM эта проблема решается, автоматически, разбивая дугу в 360 градусов на дуги по 90. Также нередко встречаются станки, которые не поддерживают функцию постоянной скорости резанья G96. За счет постпроцессора специалисты Группы компаний ADEM осуществляют организацию автоматической поддержки данной функции путем переключения оборотов в необходимых (рассчитываемых постпроцессором) точках. В сегменте станков, программируемых с виртуальных стоек (например "ncsad"), бывают ситуации, когда стойка не поддерживает радиусную коррекцию фрезы (G41, G42). В таких случаях единственным способом "поймать" точный размер остаётся использование SAM-системы. Например, с помощью фрезы D8, произвели фрезеровку и оказалось, что припуск снят не полностью. Это бывает, если в качестве инструмента используем фрезу с большим вылетом и ее отгибает в процессе обработки или если фреза «подсевшая». В таком случае в SAM-системе ADEM диаметр инструмента меняется на, к примеру, D7.9.

Также одной из популярных проблем станков с ЧПУ старого образца является недостаточный объем внутренней памяти для хранения УП. В виду отсутствия USB-разъема хранение на сменных электронных носителях также невозможно. Решением является переход на автоматическое создание параметрических программ, что и было осуществлено на предприятии «ЗиО-Подольск». Задача была задать цикл глубокого сверления для массива около 20 000 отверстий. Нужно использовать стандартные циклы сверления систем ЧПУ Fanuc, а не стандартные циклы типа G83. Общая УП была разбита на подпрограммы в несколько типов: 1 – дробление длины отверстия, 2 – сверление одного отверстия,

3 – сверление n-отверстий при определенном шаге и уклоне строк сетки. К примеру, подпрограмма L41 задает повторить программу P23 определенное число раз. Следующим шагом необходимо было описать методику составления УП технологам, работающим на предприятии, чтобы они четко знали алгоритм своих действий и их задачи в этой области сводились к минимуму. В итоге, исходными параметрами для обработки были шаг отверстий по оси X, шаг отверстий по оси Y и угол наклона сетки отверстий. Выбор отверстий осуществляется рамкой, а задачей системы ADEM, в свою очередь, становится составить УП, которая программирует обработку отверстий в определенном порядке с помощью подпрограмм. Ниже в таблице приведен образец УП с использованием подпрограмм для обработки детали.



Деталь с массивом отверстий, которая обрабатывается с помощью подпрограмм из таблицы выше

#### Фрагмент УП с использованием подпрограмм

```
%MPF40
(€)-1600)
(T1 Sverlo D10)
(Setka: 7462 otv)

(1 rjad, 46 otv)
:1G90G0G55X-616Y-913.365Z0
N2W150
N3M3S500
N4W0
N5L41P22
N6L42
N7L41P22
N8L1
N9L35

(2 rjad, 48 otv)
:10G90G0G55X-627Y-894.313Z0
N11W0
N12L41P23
N13L43
N14L41P23
N15L1
N16L35

(3 rjad, 50 otv)
:17G90G0G55X-638Y-875.26Z0
N18W0
N19L41P24
N20L44
N21L41P24
N22L1
N23L35
```

Что же касается проблем с более современным оборудованием с ЧПУ, то некоторые предприятия зачастую покупают многокоординатные станки с урезанным функционалом по управлению центром инструмента в системе ЧПУ (функция RTCP (Rotation Tool Center Point) в системе ЧПУ Fanuc, Япония), что неотъемлемо важно при программировании на таких станках.

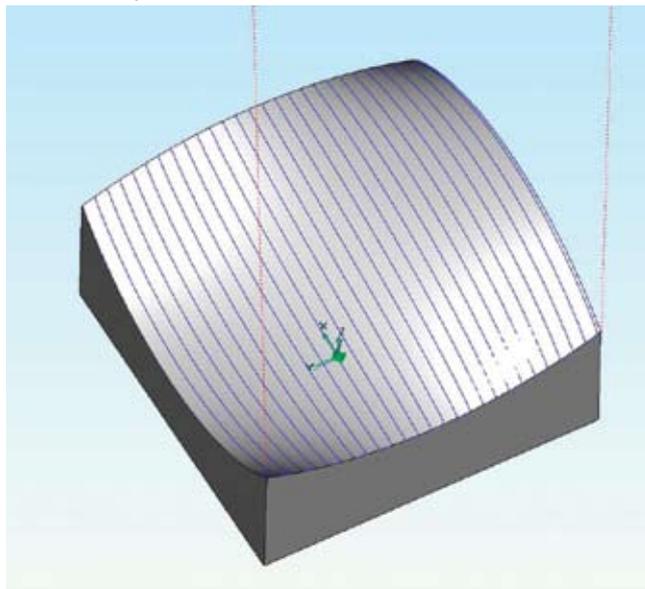
Исходя из таких реалий, специалисты Группы компаний ADEM разрабатывают постпроцессоры, заменяя недостающие необходимые функции набором открытых команд для управления положением инструмента. Ниже приведена сравнительная таблица УП с наличием команды управления центром инструмента G43.3 и с ее отсутствием.

ADEM изначально формировался, как система, которая берет свои корни из рядовых производственных задач и мы во главу угла ставим решение проблем, которые наиболее часто встречаются именно на производстве. Именно такой проблемой стал для нас контроль толщины стружки, снимаемой при фрезеровании. Большинство известных САПР для подготовки УП оперируют заданием процента от диаметра инструмента, который соответствует глубине резания. Этим же параметром часто опериру-

ют и поставщики режущего инструмента. Но именно толщина стружки согласно теории резания имеет прямую зависимость с силой резания и величиной подачи на зуб, а, следовательно, влияет на процесс резания и режимы обработки. А вот между подачей на зуб и процентом от диаметра инструмента существует тригонометрическая зависимость, а не прямая, как с величиной толщины стружки. Режущая кромка инструмента работает в определенном диапазоне толщин стружки. Если толщина стружки больше – ломается режущая кромка, если меньше – происходит «засаливание» инструмента. Фреза проскальзывает по заготовке, снимает меньше указанной величины толщины стружки и стирается по задней кромке, в связи с чем повышаются температуры в зоне резания и велика вероятность наклепа поверхностного слоя обрабатываемой заготовки. Кроме того, на современных станках с ЧПУ теперь почти всегда имеется индикация усилия на приводе при обработке. Это, в сущности, и есть сила резания в той или иной плоскости, на которую проецируется вектор силы. Так вот при обработке по УП, сгенерированной в системе ADEM, усилия резания не имеют резких скачков и находятся в пределах 5 % от предыдущего показателя в каждый новый момент времени.

А вот при контроле именно процента от диаметра инструмента эти скачки носят внезапный характер и достигают размера в 20 %, что станками часто квалифицируется как удар. Это наиболее важно для чувствительных станков с датчиками отслеживания усилия на приводе. Такие станки при резком повышении усилия просто останавливаются в аварийном режиме, что может свести на нет всю осуществленную уже обработку детали. Данная проблема имела

место на предприятии ОАО «Рск МиГ» на 3-х координатных станках Macodel Willemin M920 при обработке пластичной и вязкой нержавеющей стали.



Образец поверхности обработки с использованием команды управления центром инструмента и без использования этой команды

При использовании УП от других конкурирующих САМ-систем, станок просто останавливался, при использовании УП от ADEM станок работал в стабильном режиме инструментом Sandvik CoroMill 210 (который, кстати, имеет параметр именно диапазона подачи на зуб, нежели процента от диаметра инструмента) и показывал результаты при величине оборотов шпинделя в 1700 мин<sup>-1</sup> подачу на зуб в 0,7...0,75 мм/зуб!

Следующая проблема, с которой столкнулись специалисты по внедрению ADEM, была на одном из предприятий авиационного машиностроения. Она заключалась в отсутствии опции контроля положения инструмента при работе с осями вращения – вывод в УП координат, функционально зависимых от параметров вылета инструмента. Предприятие приобрело 5-координатный токарно-фрезерный станок с приводным инструментом и качающимся шпинделем. Но станок имел существенный технический изъян – при переключении в режим фрезерования он терял ранее выбранную систему координат детали. То есть невозможно было осуществить фрезерную обработку – сбивались все заданные корректоры на инструмент и терялась траектория, следовательно станок начинал бесконтрольно фрезеровать в непредвиденной точке, рискуя осуществить столкновение с неподвижными узлами в рабочей камере. Для решения проблемы был создан отдельный постпроцессор, который выдавал оператору на стойке с ЧПУ запрос, что нужно заново осуществить обмер детали щупом, задать новую систему координат и внести соответствующие данные в пустые поля запроса. Проблема была решена, хоть и пришлось пожертвовать ощутимым увеличением времени обработки.

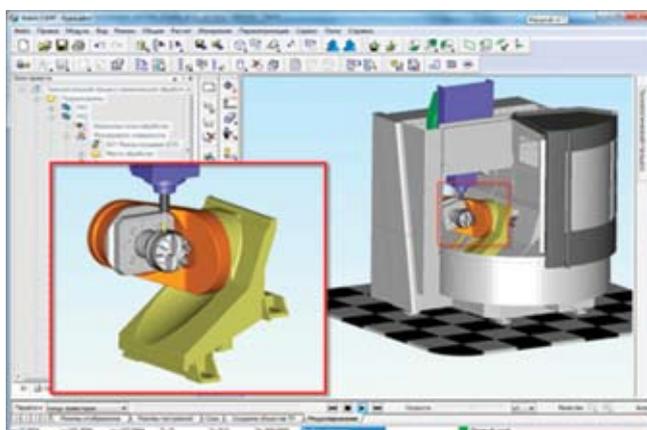
#### Фрагмент УП с командой управления центром инструмента G43.3

```
Z250
S500 M3
A46.602 B64.231
G49
G43.4 Z250 H1
X-58.691 Y59.368
Z49.374 A46.602 B64.231
G1 X-60 Y60 Z48 F20
X-58.332 Z46.453 A44.849 B65.255
X-56.62 Z44.946 A43.068 B66.435
X-55.747 Z44.209 A42.168 B67.088
X-54.865 Z43.482 A41.263 B67.784
X-53.972 Z42.767 A40.355 B68.527
X-53.07 Z42.063 A39.443 B69.317
X-52.158 Z41.371 A38.529 B70.157
X-51.237 Z40.69 A37.614 B71.049
X-50.307 Z40.022 A36.699 B71.996
X-49.369 Z39.366 A35.786 B73.001
X-48.422 Z38.723 A34.875 B74.066
X-47.468 Z38.092 A33.969 B75.194
X-46.505 Z37.474 A33.068 B76.389
X-45.535 Z36.869 A32.175 B77.653
X-44.558 Z36.277 A31.291 B78.991
X-43.574 Z35.699 A30.418 B80.406
X-42.277 Z34.963 A29.295 B82.381
X-41.278 Z34.416 A28.457 B83.989
X-40.272 Z33.882 A27.638 B85.691
X-39.258 Z33.361 A26.84 B87.491
X-38.236 Z32.853 A26.066 B89.393
X-37.207 Z32.358 A25.319 B91.399
```

#### Фрагмент УП без команды управления центром инструмента G43.3

```
Z250
S500 M3
G53 G90 Z780
A46.602 B64.231
X27.948 Y89.922
Z-23.235
G1 Z-25.235 F20
X30.074 Y88.125 Z-22.139 A44.849 B65.255
X32.36 Y86.13 Z-18.984 A43.068 B66.435
X33.563 Y85.05 Z-17.385 A42.168 B67.088
X34.802 Y83.909 Z-15.775 A41.263 B67.784
X36.078 Y82.705 Z-14.154 A40.355 B68.527
X37.389 Y81.431 Z-12.523 A39.443 B69.317
X38.733 Y80.083 Z-10.883 A38.529 B70.157
X40.109 Y78.657 Z-9.238 A37.614 B71.049
X41.514 Y77.147 Z-7.586 A36.699 B71.996
X42.945 Y75.548 Z-5.931 A35.786 B73.001
X44.401 Y73.854 Z-4.274 A34.875 B74.066
X45.878 Y72.06 Z-2.618 A33.969 B75.194
X47.371 Y70.158 Z-0.963 A33.068 B76.389
X48.876 Y68.143 Z0.688 A32.175 B77.653
X50.387 Y66.009 Z2.332 A31.291 B78.991
X51.899 Y63.749 Z3.969 A30.418 B80.406
X53.865 Y60.59 Z6.095 A29.295 B82.381
X55.348 Y58.014 Z7.703 A28.457 B83.989
X56.805 Y55.287 Z9.297 A27.638 B85.691
X58.224 Y52.401 Z10.873 A26.84 B87.491
X59.591 Y49.352 Z12.432 A26.066 B89.393
X60.891 Y46.137 Z13.969 A25.319 B91.399
```

Еще одна из проблем заключалась в реализации работы с контрольно-измерительными циклами и с необходимостью вывода результатов измерения в файл отчета. На одном из предприятий был закуплен 5-координатный вертикально-фрезерный станок с измерительными датчиками фирмы Renishaw. Номенклатура производства состояла из мелкогабаритных деталей, которых на рабочем столе станка могло разместиться несколько десятков. И соответственно, возникла задача осуществлять межоперационный обмер каждой детали, дабы не делать это вручную на столе станка (что отнимает уйму времени, а в некоторые поднутрения сложно «залезть» просто физически) и не снимать детали для обмера контроллером, нарушая тем самым базирование на столе станка и сбивая «ноль детали». Эта задача была успешно решена специалистами ADEM путем создания отдельного пост-процессора с программированием измерительных циклов датчика и генерированием файла отчета. Как результат, на выходе имелаась готовая УП для обработки детали и файл отчета с данными по измерению деталей.



Пример моделирования 5-х обработки с использованием измерительных циклов

Работа с циклами соответствующей системы ЧПУ позволяет, как известно, значительно сократить УП и упростить процесс задания и контроля параметров обработки. Также короткая УП значительно легче считывается системой ЧПУ, которая перед наступлением следующего кадра УП успевает дать соответствующую команду на приводы станка. Очередной задачей при программировании обработки циклами была задача формирования циклов обработки с учетом ini-файлов производителя устройства ЧПУ (а именно, под ShopTurn и ShopMill от Siemens). ShopTurn и ShopMill – интерфейсы системы ЧПУ Siemens соответственно для задания циклами токарной и фрезерной видов обработки. Но проблема в том, что с их помощью можно задать обработку только на самой экране стойки. Для того, что ShopTurn и ShopMill воспринимали свои внешние такие же циклы как свои собственные, необходимо перед и после каждого цикла прописывать множество параметров, который позволят системе ЧПУ сказать «да, это собственный цикл».

Нередко на предприятиях, покупая новый станок с ЧПУ, не знают, для каких целей он будет использоваться через 1...2 года, когда серия деталей, под производство которых он предназначался, завершена. И вообще любому технологу сложно предвидеть, с какими ограничениями в работе станка он столкнется на каждой новой детали. Особенно это характерно для единичного производства на станках сложной кинематики. Примером такой проблемы служит использование многокоординатного станка с поворотной осью В (вра-

щение инструмента) и поворотной осью С для обработки камеры стыковочного узла космической станции. Ее обработка планировалась на станке с поворотным столом (вращение по оси С) и поворотным шпинделем (вращение по оси В). Но станок имел недостаточных размеров рабочую зону, чтоб вместить такую крупногабаритную деталь, а обработать ее нужно было инструментом с большим вылетом, чтоб добраться до всех поднутрений. Задача была решена так. С помощью пост-процессора было реализовано синхронное движение инструмента одновременно по двум осям: поступательное движение в направлении углубления отверстия и разворот инструмента, чтоб не было столкновения с кромкой отверстия на детали.

В статье мы кратко описали характер проблем, которые решаются с помощью средств программной автоматизации обработки на станках с ЧПУ. Как мы можем увидеть, их достаточно. Повышение производительности оборудования не ограничивается лишь обновлением станочного парка предприятия. Этот процесс зависит от многих факторов. Программная автоматизация производства тоже не является окончательным критерием оценки уровня и культуры производства. Этот показатель зависит, прежде всего, от волевого решения и желания руководства идти в ногу со временем, использовать современные как аппаратные, так и программные средства автоматизации и контроля производства, а также, зачастую, жертвовать кратковременным уходом из привычной зоны комфорта предприятия для более качественных и количественных показателей в будущем.

[www.adem.ru](http://www.adem.ru)



# ADEM

CAD/CAM/CAPP







Группа компаний ADEM

Москва:  
ул. Иркутская, д. 11,  
корп. 1, офис 244  
тел/факс. (7-495) 462 01 56,  
(7-495) 502 13 41  
e-mail: omegat@aha.ru;

Томск:  
ООО "АДЕМ"  
тел. (7 - 913) 801 03 80  
e-mail: adem@tomsk.ru

www.adem.ru

Ижевск:  
ул. Карла Маркса, д. 437  
офис 200,  
Тел/факс. (3412) 73 38 30,  
(3412) 64 72 57  
E-mail: izhevsk@adem.ru

Екатеринбург:  
620147 а/я 70  
тел/факс. (343) 267-44-25  
e-mail: adem@urmail.ru