

**Ключевые слова:**

САМ-система, ЧПУ, управляющая программа, постпроцессор, токарно-фрезерная обработка

ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА СИСТЕМЫ АДЕМ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ

Даниил ЗИНЧЕНКО

В данной статье представлен опыт реализации САМ-системы АДЕМ на различных предприятиях в части программирования ЧПУ-обработки.

Для сравнительного анализа различных САМ-систем наиболее важен именно практический опыт применения той или иной системы в условиях реального производства. Данная статья посвящена именно рассмотрению подобного опыта, а преимущества САМ-системы АДЕМ показаны через призму ее реализаций на различных промышленных предприятиях.

АО «РСК «МиГ»

В период выбора системы для автоматизации составления УП для ЧПУ перед специалистами Производственного комплекса № 2 АО «РСК «МиГ» стояли задачи обработки таких деталей, как гермоотстенка откидной части фонаря и фланцевой панели. Сложность состояла в том, что имеющаяся на предприятии САМ-система вычисляла неоптимизированную траекторию обработки. Из-за несогласованности подач и глубины резания на каждом отдельном участке траектории станок вынужден был аварийно прекращать обработку – в местах смены траектории нагрузки на приводы станка чрезмерно возрастали из-за возрастающих сил резания.

При обработке этой детали из высокопрочной нержавеющей стали ЭП-817 на станке Willemin-Macodel M-920 по управляющим программам, рассчитанным в имеющейся САМ-системе, защита станка отключала привод при использовании фрез диаметром больше 20 мм (30%-ное перекрытие и на 2 мм в глубину). После перерасчета управ-

ляющих программ в АДЕМ, тот же станок обрабатывал деталь фрезами диаметрами 50 мм (30%-ное перекрытие и на 2,5 мм в глубину) и 32 мм (100%-ное перекрытие и на 4 мм в глубину), при этом, согласно показаниям штатных датчиков, нагрузка на приводы по координатам X, Y и Z составляла 15–20%, а на шпиндель –25–30% при допустимом значении 80%.

Грамотно написанный и отлаженный постпроцессор существенно упрощает работу технолога-программиста. Например, для 5-координатного станка Handtmann UBZ300 и Willemin-Macodel 508, которые установлены на «РСК «МиГ» ПК № 2, при переходе из одной зоны обработки в другую с разными угловыми положениями постпроцессор автоматически формирует управляющую программу с безопасными перемещениями из одного углового положения в другое по заданному алгоритму. Во время позиционной обработки по схеме «3 + 2» или непрерывной 5-координатной обработки (в том числе и при фиксированных углах наклона инструмента) постпроцессор автоматически «определяет», когда нужно нажать или отпустить тормоза приводов угловых осей.

На «РСК «МиГ» в свое время была на практике отработана функция контроля постоянной толщины стружки. Об этой функции и о ее важности будет сказано ниже. Для начала стоит отметить практическое значение функции выдерживания постоянной толщины стружки. Итак, управление подачей осуществляется именно по принципу выдерживания постоянной толщины стружки, а это является опре-

деляющим требованием при высокоскоростной обработке. Применяемый алгоритм позволяет выдерживать постоянную нагрузку на инструмент и приводы станка на протяжении всего времени обработки! Так, в конкурентной системе, которую нам предлагали использовать, при высокоскоростной обработке зона торможения в углах задается как процент от диаметра инструмента; изменение подачи тоже задается в процентах. А так как геометрия углов разная, при обработке нагрузка на приводы станка (модель MWM920) резко изменялась – более чем на 20%. При этом обработка детали останавливалась в аварийном режиме, поскольку станок такие скачки нагрузки «воспринимает» как удар.

После получения управляющей программы из системы ADEM, где величина подачи изменяется из расчета сохранения постоянной толщины снимаемой стружки в каждый момент, колебания нагрузки на приводы составляли не более 5%. В результате станок мог работать автономно, без корректировок подачи оператором вручную. Можно утверждать, что любая САМ-система, в которой определение каких-либо параметров резания задается в процентах, является устаревшей и несоответствующей современным требованиям. Тем не менее такой подход, к сожалению, характерен для большинства САМ-систем.

Производственный комплекс № 2 «РСК «МиГ» занимается изготовлением элементов планера и фюзеляжа самолета. Следовательно, имеет дело с обработкой сложнопрофильных деталей с криволинейными поверхностями, которые в основном изготавливаются из труднообрабатываемых материалов: нержавеющей стали и титана. Что касается точностных характеристик элементов обрабатываемых деталей, можно отметить следующее: система ADEM позволяет задавать обработку любых геометрических моделей и получать детали по 7-му качеству точности только с помощью операций фрезерования, то есть не прибегая к операциям абразивной обработки, таким как шлифование, полирование, доводка и пр. Примером служит получение сферической поверхности клапанной заслонки гидросистемы самолета с полем допуска в 21 мкм! Другой пример – изготовление шпангоутов с обводообразующими поверхностями – четкое попадание в поле допуска $\pm 0,02$ мм.

Свидетельством того, что разработчики ПО ADEM ориентируют свой продукт на задачи и потребности технологов-программистов каждого отдельного предприятия-пользователя, служит факт добавления некоторых опций в функционал по техническому заданию специалистов «РСК «МиГ». Помимо этого, специалисты ГК ADEM реализовали следующие требования предприятия:

- схема винтовой выборки колодцев, которая позволила обрабатывать тонкостенные детали – толщина стенок и полок равна 2 мм (при консольном креплении заготовки на расстоянии до 500 мм от места крепления!);
- изменение глубины фрезерования через заданное время либо на каждом проходе для увеличения периода стойкости инструмента – при обработке труднообрабатываемых материалов (нержавеющих сталей и титана);
- зонная обработка для станков, не имеющих задней бабки;
- нарезание резьбы инструментом с профилем, отличающимся от профиля резьбы (обработка шнеков на токарных станках).

Благодаря внедрению САМ-системы ADEM удалось сократить время обработки на 45–55%, уменьшить расход инструмента не менее чем в два раза, уменьшить расход электроэнергии примерно в два раза. Применение алгоритмов ПО ADEM в реальном производстве позволило значительно увеличить производительность оборудования и достичь скорости съема материала по алюминиевым сплавам до 140 кг/ч, а по высокопрочным нержавеющей сталям – 18 кг/ч!

АО «ЗЭМ «ЭНЕРГИЯ» ИМЕНИ С. П. КОРОЛЁВА»

На предприятии РКК «Энергия имени С. П. Королёва» возникла необходимость обработки камеры стыковочного узла космической станции. Обработка этой камеры изначально планировалась на станке с поворотным столом (вращение по оси С) и поворотным шпинделем (вращение по оси В). Оказалось, что рабочее пространство станка имело недостаточные размеры, чтобы вместить такую крупногабаритную деталь, а обработать ее нужно было инструментом с большим вылетом, позволяющим добраться до всех поднутрений. И эта задача была также решена с помощью постпроцессора, который обеспечил синхронное перемещение инструмента одновременно по двум осям: поступательное движение в направлении углубления отверстия и разворот инструмента, так чтобы не было столкновения с кромкой отверстия на детали. То есть была осуществлена наиболее оптимальная синхронизация линейных и круговых перемещений инструмента.

В результате, предприятие сделало выбор в пользу именно системы ADEM CAM.

АО «КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО ХИМИЧЕСКОЙ АВТОМАТИКИ»

Одна из проблем, с которой столкнулись в «Конструкторском бюро химической автома-

тики» (КБХА, г. Воронеж) – отсутствие опции контроля положения инструмента при работе с осями вращения и вывод в УП координат, функционально зависимых от параметров вылета инструмента. Предприятие приобрело 5-координатный токарно-фрезерный станок с приводным инструментом и качающимся шпинделем. 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, терялась траектория, следовательно, станок начинал бесконтрольные перемещения, возникал риск столкновения с неподвижными узлами в рабочей зоне. Для решения проблемы был создан специальный постпроцессор, который выдавал на стойке с ЧПУ запрос, обязывающий оператора заново осуществить обмер детали щупом, задать новую систему координат и внести соответствующие данные в пустые поля запроса.

И хотя общее время обработки оставляло желать лучшего, эта обработка была осуществима в принципе.

«НАПО ИМЕНИ В. П. ЧКАЛОВА»

В целях повышения эффективности использования дорогостоящего высокотехнологичного оборудования, увеличения производительности и улучшения качества изделий, компаниями ОАО «ГСС», ОАО «НАПО им. В. П. Чкалова» и Handtmann Automation был инициирован проект по оптимизации стратегии и маршрута обработки на примере детали «рама переплета боковая левая». Со стороны ОАО «ГСС» и ОАО «НАПО им. В. П. Чкалова» была предоставлена деталь для тестового внедрения, технические характеристики детали, информация о текущих проблемных участках детали, информация о текущей стратегии обработки, данные о текущем времени обработки, оборудование и подсобные материалы (оснастка, инструмент) для проведения испытаний. В качестве основных задач проекта были обозначены снижение чистого рабочего времени, устранение необходимости механической доработки детали после снятия со станка, снижение времени вспомогательных работ и повышение качества обработки детали. Реализация проекта позволила достичь следующих показателей из расчета на одно изделие:

- сократить рабочее время операторов приблизительно в 2,3 раза;
- сократить амортизацию и износ оборудования в 2,3 раза;

- практически полностью избежать слесарной доработки, существенно уменьшив при этом издержки на материал и трудочасы;
- сократить расходы СОЖ и электроэнергии приблизительно в два раза;
- сократить расходы на инструмент как за счет повышенной износостойкости выбранного инструмента, так и за счет уменьшения времени использования инструмента.

Таким образом, для выполнения текущего производственного плана по данной детали предприятию «НАПО им В.П. Чкалова» потребуется в два раза меньше времени и материалов, что в масштабах производства планеров SSJ-100 составляет колоссальную экономию.

ПАО «ЗиО-Подольск»

Одна из часто встречающихся проблем – недостаточный объем внутренней памяти для хранения УП. В виду отсутствия USB-разъема, хранение на сменных электронных носителях также невозможно. Решением может послужить переход на автоматическое создание параметрических программ, что и было осуществлено специалистами группы компаний ADEM совместно с технологами «ЗиО-Подольск». В итоге, исходными параметрами для обработки стали шаг отверстий по оси X, шаг отверстий по оси Y и угол наклона сетки отверстий, а задачей САМ-системы, в свою очередь, стала генерация УП, обеспечивающей обработку отверстий в определенном порядке с помощью подпрограмм (рис. 1).

Далее рассмотрим технические особенности ПО ADEM, реализованные в системе благодаря опыту внедрений.

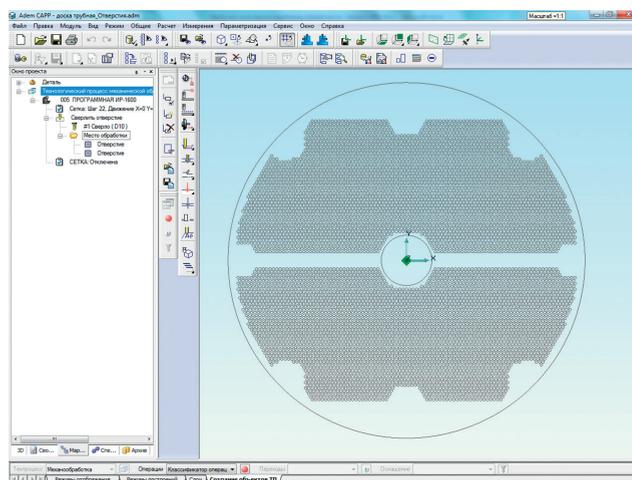


Рис. 1. Деталь с массивом отверстий, которая обрабатывается с помощью подпрограмм

РЕГУЛИРОВКА ТОЛЩИНЫ СРЕЗАЕМОЙ СТРУЖКИ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

Помимо задания и расчета основных режимов резания, таких как глубина, подача и скорость, немаловажную роль играет вычисление и контроль оптимальной толщины стружки при фрезеровании. Вычисление толщины стружки помогает избежать проблем, которые возникают, когда толщина стружки становится ниже определенного значения или выше заданного максимального уровня. При увеличении радиального контакта фрезы с заготовкой требуется снизить подачу, чтобы сохранить толщину стружки. Это позволяет гарантировать, что максимальная толщина стружки не станет чрезмерной и не приведет тем самым к сокращению стойкости инструмента и поломке фрезы.

С другой стороны, работа со стружкой толще определенного минимального уровня особенно важна при обработке материалов, склонных к поверхностному упрочнению, таких как суперсплавы и титан. При образовании слишком тонкой стружки во время работы режущей кромки возникает зона упрочнения, которая затем обрабатывается следующим зубом. Обработка упрочненного слоя в три раза ускоряет износ инструмента и сокращает стойкость.

Часто на производстве поверхностно упрочняемые материалы обрабатываются так же, как и закаленная сталь: с небольшой глубиной резания и подачей. На таких режимах резания образуется тонкая стружка, что негативно сказывается на стойкости инструмента и приводит к снижению производительности. Кроме того, на толщину стружки и обработку поверхностно упрочненных материалов влияет тип фрезерования — встречный или попутный.

Существует еще один недостаток слишком тонкой стружки. Если ее толщина меньше радиуса при вершине режущей кромки фрезы, то инструмент не может врезаться в обрабатываемый материал, а просто проскальзывает по нему. В результате мы имеем чрезмерный износ фрезы по задней поверхности, также возникает сильная вибрация, что резко ухудшает качество обрабатываемой поверхности и отрицательно влияет на приводы станка с ЧПУ.

Помимо самого факта удаления материала, еще одной важной функцией стружки является отвод тепла из зоны резания. Если мы обрабатываем материал с плохой теплопроводностью с толщиной стружки, превышающей допустимую величину, то стружка не успевает поглощать и отводить тепло из зоны резания. В связи с этим, возникают чрезмерные температурные влияния на инструмент. Это может привести, прежде всего, к образованию наростов на передней кромке фрезы и, следовательно, к сколам на режущей кромке.

Величину толщины стружки легко рассчитать, зная рекомендуемую подачу на зуб для того или

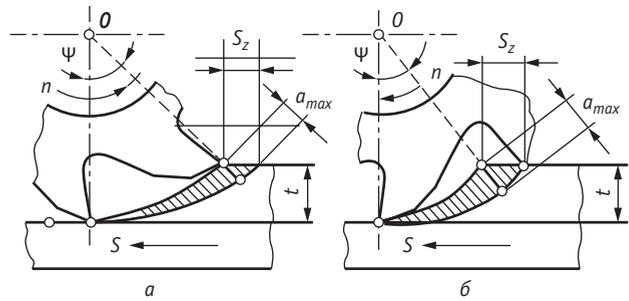


Рис. 2. Зависимость между подачей на зуб и толщиной стружки: а – встречное фрезерование, б – попутное фрезерование

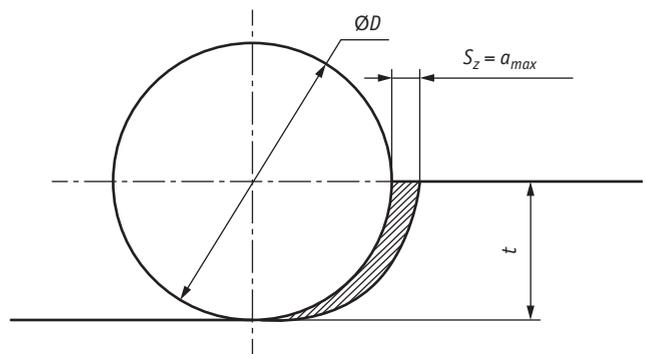


Рис. 3. Вариант равенства толщины стружки и подачи на зуб

иного инструмента. Итак, рассмотрим процесс обычного фрезерования контура концевой фрезой. Если глубина резания равна радиусу фрезы, то в этом случае подача на зуб также равна толщине стружки (рис. 3). Однако, если глубина резания сколько-нибудь меньше радиуса фрезы, то подача на зуб уже не будет равна толщине стружки. Будет существовать тригонометрическая зависимость между этими величинами (рис. 2). А именно:

$$a_{max} = \sin(90^\circ - \psi) \cdot S_z.$$

Соответственно, если мы берем подачу для фрезы из диапазона рекомендуемых значений в каталоге производителя, то еще не факт, что получим стружку оптимальной толщины для данного вида обработки и обрабатываемого материала.

Поэтому в целях увеличения периода стойкости инструмента, для получения качественной обрабатываемой поверхности и в целях благотворного влияния на приводы станка с ЧПУ вычисление оптимальной толщины стружки является крайне важным фактором.

Теперь обратим внимание на то, как толщина снимаемого слоя влияет на производительность обработки.

Для постоянной подачи на зуб исходные данные: диаметр фрезы $D = 20$ мм, подача на зуб $S_z = 0,04$ мм/зуб, количество зубьев фрезы $Z = 20$, ширина резания $t = 1$ мм, скорость резания $V = 80$ м/мин.

Расчетные данные – частота вращения шпинделя:

$$N = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 80) / (3,14 \cdot 20) = 1273 \text{ об/мин,}$$

толщина стружки

$$a_{max} = S_z \sqrt{t/D} = 0,04 \sqrt{1/20} = 0,009 \text{ мм,}$$

а минутная подача вычисляется по формуле:

$$S_{min} = S_z \cdot Z \cdot N = 0,04 \cdot 20 \cdot 1273 = 1018 \text{ мм/мин,}$$

При постоянной толщине стружки исходные данные: $D = 20$ мм, $a_{max} = 0,04$ мм, $Z = 20$, $t = 1$ мм, $V = 80$ м/мин

Расчетные данные:

$$N = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D) = (1000 \cdot 80) / (3,14 \cdot 20) = 1273 \text{ об/мин;}$$

$$S_z = a_{max} / \sqrt{t/D} = 0,04 / \sqrt{1/20} = 0,18 \text{ мм;}$$

$$S_{min} = S_z \cdot Z \cdot N = 0,18 \cdot 20 \cdot 1273 = 4582 \text{ мм/мин.}$$

Из расчетов понятно, что при соблюдении постоянной подачи на зуб мы имеем чрезмерно тонкую стружку и сравнительно невысокое значение скорости резания. Как только мы назначаем постоянной величиной именно толщину стружки, а подаче даем возможность колебаться, мы видим, насколько может вырасти значение подачи и, как следствие, значение скорости резания.

В этой связи можно отметить, что в системе ADEM существует возможность задания постоянной толщины стружки или диапазона толщин. Равно как и постоянного значения подачи или диапазона подач. Таких возможностей больше нет ни у одной из конкурирующих систем!

В большинстве конкурирующих систем производительность достигается путем назначения трохойдального типа обработки конструктивного элемента. Важным параметром для такого типа обработки является параметр « t » – величина врезания фрезы в тело заготовки. На прямолинейных участках траектории эта величина равна глубине резания. Этот параметр фиксируется и, исходя из его значения, рассчитываются все остальные режимы обработки. Однако это не означает, что в этом случае подача будет находиться в рекомендуемом поставщиком инструмента диапазоне. При трохойдальной

высокоскоростной обработке влияние величины врезания в тело заготовки на подачу сложно предсказать и вычислить из-за нелинейной зависимости. Приведем численные расчеты: зависимость параметра « t » от толщины стружки a_{max} :

$$a_{max} = S_z \sqrt{t/D},$$

умножив обе части уравнения на одно и то же число мы видим, что тождество сохраняется. То есть, если меняется a_{max} , то во столько же раз меняется и S_z :

$$2 \cdot a_{max} = 2 \cdot S_z \sqrt{t/D}.$$

Однако изменение в 2 раза величины перекрытия инструмента с заготовкой не ведет к увеличению в два раза толщины стружки и, соответственно, подачи. Следовательно, значение подачи может меняться совершенно непрогнозируемым образом и в том числе выходит за допустимые пределы:

$$2 \cdot a_{max} \neq S_z \sqrt{(2 \cdot t)/D}.$$

Из-за непредсказуемости поведения подачи возникает знакопеременная нагрузка на инструмент. В формуле главной составляющей силы резания присутствует значение подачи:

$$P_z = (10 \cdot C_p \cdot t^{xp} \cdot S_z^{yp} \cdot B_\phi^{ap} \cdot Z) / (D^{qp} \times n^{wp}) \times K_{MP}.$$

Соответственно, колеблется основное время обработки, которое рассчитывается по формуле:

$$T_{осн} = L_{п.х} \cdot S_{min},$$

где S_{min} – это минутная подача, которая определяется по формуле

$$S_{min} = n \cdot S_z \cdot Z.$$

В системе ADEM, благодаря контролю постоянной толщины стружки, удается задать гораздо большие значения подач и скоростей обработки и увеличить ее производительность. Кроме того, благодаря возможности спрогнозировать величину главной составляющей силы резания P_z удается плавнее регулировать усилия на приводах станка и благотворно влиять на условия работы режущего инструмента в зоне резания.

ПОЛУЧЕНИЕ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТИПА «ШНЕК» НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Следующей важной особенностью системы ADEM CAM является возможность получения вин-

товых поверхностей типа «шнек» на обычных токарных станках. Такая задача возникла в свое время на предприятии АО «Тамбовский завод «Ревтруд» (концерн «Созвездие»). Согласно традиционной методике обработки шнеков необходимо применять токарно-фрезерные обрабатывающие центры с приводными инструментами по осям X, Y. Это сложное и весьма недешевое оборудование с ЧПУ, особенно, когда требуется обеспечить большую точность на поверхностях впадин шнека. Кроме того, конструкция закрепления резца в резцедержателе является априори более жесткой, чем конструкция закрепления и кинематическая схема приводного инструмента, что дает обработке резцом возможность получить большую точность за меньшее количество проходов, нежели при выборке межлопастного пространства приводной фрезой. В связи с этим, была поставлена задача – освоить получение винтовых поверхностей на обычном токарном оборудовании с ЧПУ. Оценив свои силы, специалисты ГК ADEM взяли за поставленную задачу.

Следует заметить, что процесс программирования точения резьбы произвольного профиля на токарных станках с ЧПУ является довольно сложным и трудоемким. Однако, имея в распоряжении современную CAD/CAM/CAPP систему, такую как ADEM-VX 9.05, программирование обработки становится наглядным и доступным для освоения технологу-программисту.

Поскольку лопатки шнека образуют винтовую поверхность, направленную вдоль оси детали, то во многих случаях эту поверхность можно сравнить с крупной резьбой. С одним лишь отличием – если для резьбы геометрия ее профиля является стандартизованной, то для шнеков геометрия профиля лопатки может быть совершенно произвольной. Основываясь на сходстве геометрии (рис. 4), можно утверждать, что получить шнек можно тем же способом, каким формируется резьба при обработке на токарном станке.

Таким образом, для обработки шнека можно использовать стандартный переход токарной группы «Нарезать резьбу». Следует отметить, что для обработки любых резьб, в том числе нестандартных, с систему ADEM встроен специальный механизм, названный разработчиками «виртуальной машиной». Используя ее возможности, пользователь может самостоятельно описать стратегию получения профиля резьбы. Например, обработка может начинаться из центра, формируя профиль последовательным смещением инструмента в направлении оси вращения. Величина смещения на каждом проходе, число калибровочных проходов и многие другие параметры определяются при первоначальной

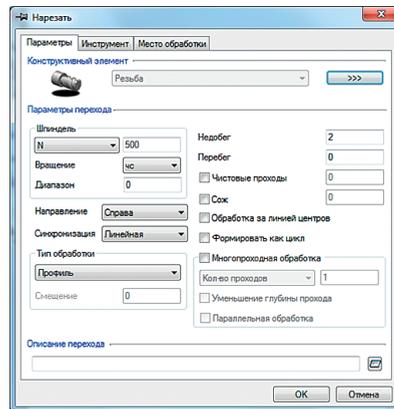


Рис. 4. Параметры обработки технологического перехода «Нарезать резьбу»

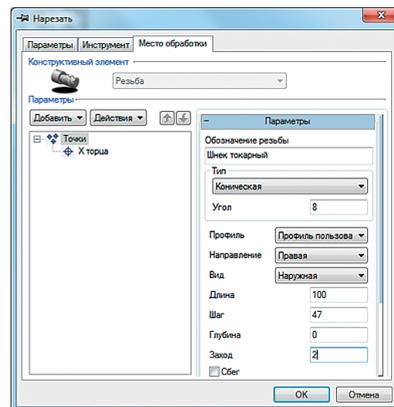


Рис. 5. Параметры геометрии шнека

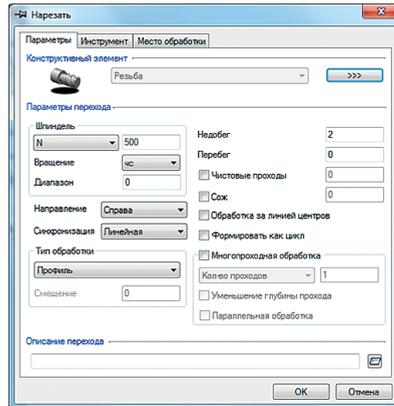


Рис. 6. Угол конического шнека

настройке. Основные стратегии установлены по умолчанию.

Итак, для того чтобы обработать шнек, необходимо определить геометрию профиля и параметры его обработки. Параметры, описывающие геометрию шнека, определяются в том же диалоге, который позволяет устанавливать параметры резьбы – на закладке «Место обработки». Из всех параметров, доступных для определения, при программировании обработки резьбы нам необходимы следующие: тип шнека, профиль, вид, длина, шаг и количество заходов (рис. 5).

Тип геометрии можно установить, как цилиндрический, так и конический. Если шнек определен как конический, то дополнительно задается угол шнека (рис. 6).

Тип произвольного профиля шнека определим как «Профиль пользователя». При этом геометрия межлопаточного пространства или лопатки создается средствами конструкторского модуля. Таким образом, возможности по программированию обработки шнеков на токарных станках не ограничивается каким-то одним типом профиля лопатки шнека.

Определение остальных параметров – вида шнека (наружный/внутренний), длины, шага и количества заходов – соответствует заданию обработки токарной резьбы. Формируемая поверхность может быть наружной либо внутренней, иметь определенную длину, иметь постоянный шаг и целое число заходов (лопаток шнека).

Из параметров, необходимых для определения геометрии, вытекает и то, какие ограничения накладываются на обработку шнеков на токарных станках с ЧПУ. Из основных ограничений – постоянство шага лопаток вдоль оси шнека и постоянство геометрии лопаток по всей длине шнека. Однако профиль самой лопатки шнека может быть произвольным. Также произвольными могут быть профиль втулки шнека и профили, определяющие наружные габариты шнека.

Что касается определения технологических параметров обработки шнеков на токарных станках, то здесь определяются такие параметры, как число оборотов и направление вращения шпинделя, величины недобега и перебега, способ синхронизации начального углового положения, глубина прохода для многопроходной обработки и тип обработки. Направление вращения шпинделя определяет, будет ли шнек левый или правый.

Отдельно следует сказать о синхронизации углового положения. Современные станки позволяют выполнять фазовую синхронизацию, при которой достаточно задать начальный угол, который станок далее выдерживает сам. Более «древние» станки такой возможности не имеют, поэтому в АДЕМ можно использовать линейную синхронизацию. При этом резец отводится от торца детали на определенное расстояние. Величина расстояния зависит от величины подачи/оборотов шпинделя и гарантирует, что в момент подхода резца к торцу деталь окажется в нужном угловом положении.

Возможности системы позволяют проводить обработку шнеков фасонным инструментом, когда форма профиля совпадает с профилем инструмента. В этом случае для получения детали требуется меньшее число проходов при высоком качестве получаемой поверхности. Однако такой способ не столь распространен. Чаще встречается ситуация когда профиль инструмента не совпадает с формой межлопаточного пространства (рис. 7).

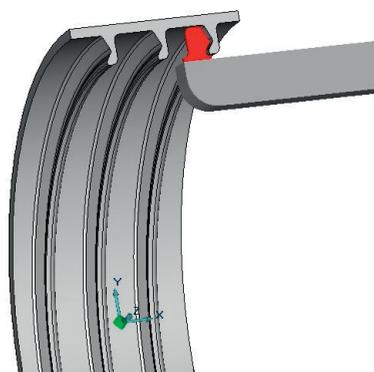


Рис. 7. Обработка шнека фасонным инструментом

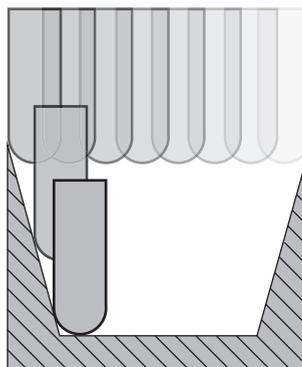


Рис. 8. Многопроходная обработка межлопаточного пространства шнека

Для случаев, когда профиль шнека не совпадает с профилем инструмента, а также для случаев, когда высота лопаток шнека достаточно велика, появляется необходимость выполнения многопроходной обработки, то есть формирования межлопаточного пространства шнека за несколько проходов токарного резца (рис. 8).

Система АДЕМ позволяет выполнять многопроходную обработку с указанием глубины резания за один проход как в радиальном, так и в осевом направлении. Таким образом, обработка может быть многопроходной как по ширине, так и по глубине.

Многопроходная обработка фактически полностью решает проблему обработки шнеков инструментом, отличным от профиля шнека. Но вместе с тем, несет с собой другую проблему: на боковых поверхностях лопаток и на поверхности втулки шнека остаются следы (гребешки) от смежных проходов. Разумеется, для достижения требуемой чистоты поверхности можно «играть» параметрами, определяющими глубину резания. Так, чем меньшую глубину резания мы зададим, тем чище получим конечную поверхность. Однако уменьшение ширины и глубины прохода при многопроходной обработке повлечет за собой увеличение количества проходов, что неизбежно приведет к увеличению времени обработки.

Для сокращения машинного времени, а значит, и более рационального использования оборудова-

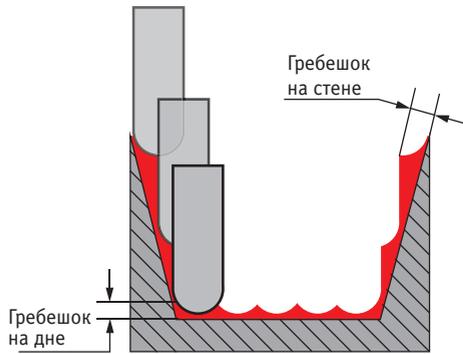


Рис. 9. Остаточный гребешок, образующийся при многопроходной обработке

ния в системе ADEM предусмотрена возможность ограничения максимальной высоты гребешка, оставляемого при многопроходной обработке. То есть высота гребешка, остающегося между смежными проходами резца, не должна превышать указанной пользователем величины. Исходя из этого условия, система ADEM самостоятельно рассчитывает глубину каждого прохода при многопроходной обработке (рис. 9).

Кроме того, в зависимости от требований, предъявляемых к чистоте поверхности и геометрии применяемого инструмента, высота оставляемого гребешка может назначаться несколькими способами. Первый вариант – это определение

величины оставляемого гребешка на поверхностях боковых стенок лопаток шнека. Второй вариант – это определение максимальной высоты оставляемого гребешка как на поверхностях боковых стенок лопаток, так и на дне межлопаточного пространства – на втулке шнека.

Таким образом, задав величину остаточного гребешка, можно получить требуемую чистоту обработки шнековой поверхности для случаев, когда профиль инструмента отличен от профиля межлопаточного пространства. В случаях же, когда профиль межлопаточного пространства соответствует профилю инструмента, глубина и ширина прохода при многопроходной обработке назначаются исходя из условий резания и не влияют на чистоту обрабатываемой поверхности.

Заметим, что все рабочие перемещения могут быть реализованы за счет стандартных однопроходных резьбонарезных циклов либо набором обычных линейных перемещений.

На рис. 10 показаны реальные детали, изготовленные на заводе «Ревтруд» методом токарных резьбонарезных циклов.

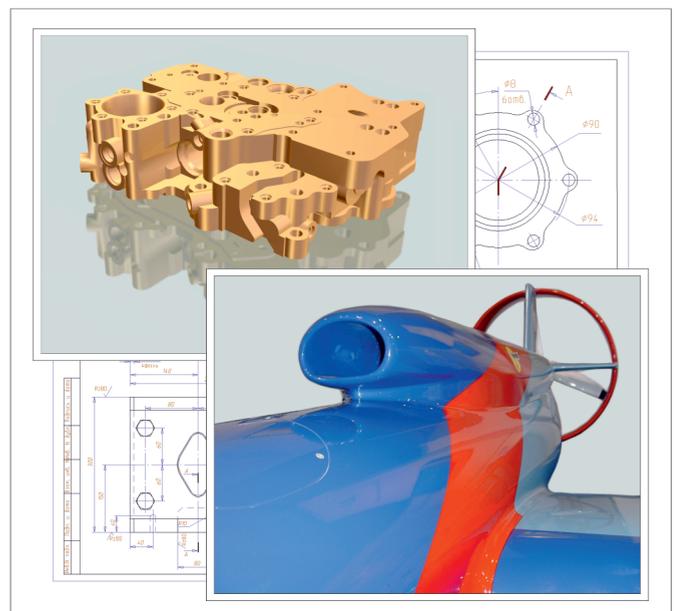
Подводя итог, можно сделать следующий вывод: в отсутствие свободного фрезерного 4- и 5-координатного оборудования современная CAD/CAM

Интегрированная **CAD/CAM/CAPP** система **ADEM** для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства. Единый программный комплекс, в состав которого входят модули для: объемного и плоского моделирования; выпуска конструкторской и технологической документации; проектирования техпроцессов; программирования станков с ЧПУ (токарных, фрезерных, электроэрозионных, лазерных и др.); управления архивами и проектами; укрупненного трудового нормирования. Содержит средства для анализа технологичности проекта и систему управления справочными данными.

Группа компаний ADEM

107497, Москва:
ул. Иркутская, д. 11
тел: +(7) 495 462-0156,
+(7) 495 502-1341
e-mail: moscow@adem.ru

426003, Ижевск:
ул. Красноармейская, д. 69
тел: +(7) 3412 522-341,
+(7) 3412 522-433
e-mail: izhevsk@adem.ru



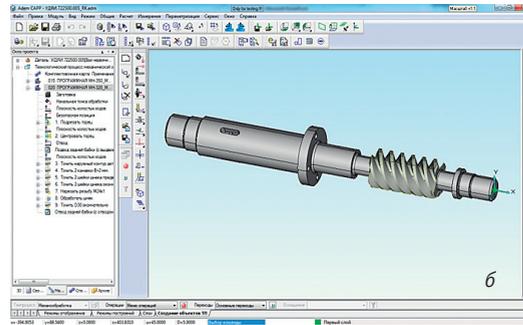
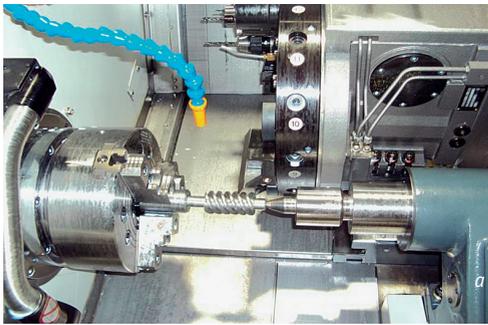


Рис. 10. Детали завода «Ревтруд»: а – обработка на станке, б – виртуальная модель в ПО ADEM

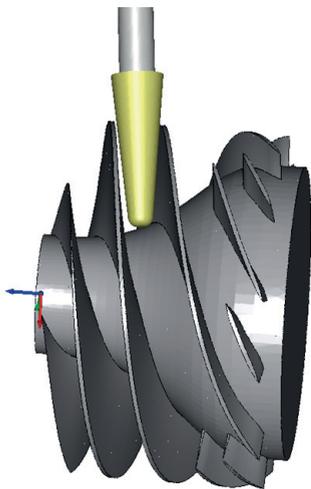


Рис. 11. Выборка межлопастного пространства

система типа ADEM поможет реализовать обработку шнеков на токарном оборудовании с ЧПУ. Тем самым может быть решена и проблема равномерности загрузки парка станков.

У системы ADEM также есть инструменты оптимизации технологического проектирования и для задания обработки шнеков традиционным способом с помощью приводного инструмента. В общем случае при обработке деталей типа «шнек» выделяются три типовые задачи, которые приходится решать технологу:

- черновая обработка межлопастного пространства;
- чистовая обработка лопастей;
- чистовая обработка втулки шнека.

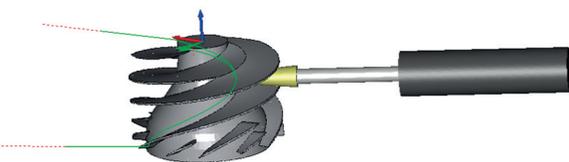


Рис. 12. Кривая между лопастей для управления осью инструмента

При черновой обработке межлопастного пространства основная сложность – проход инструмента между соседними лопастями в узких местах. В таких местах зачастую инструмент не может протиснуться между соседними поверхностями из-за оставляемого припуска. В этом случае система ADEM позволяет проводить инструмент с контролем зарезания теоретической поверхности, но без учета величины оставляемого припуска (рис. 11). На всех остальных участках траектории припуск будет той величины, которая определена в переходе.

При чистовой обработке поверхности лопасти возникает другая проблема – из-за сильного искривления обработать ее боковой стенкой инструмента за один проход невозможно, и сильно отклонить инструмент от обрабатываемой поверхности, особенно в средней части шнека, где высота лопасти наибольшая, также невозможно. В этом случае на помощь приходит интеллектуальная коррекция положения инструмента. Это значит, что система оценивает каждое положение инструмента и, в случае возникновения коллизии, начинает менять либо ориентацию оси инструмента, либо положение настроечной точки, для того чтобы инструмент смог пройти дальше.

Вариантов обработки втулки шнека существует множество. Главное – проконтролировать наклон инструмента в районе сопряжения боковых поверхностей лопастей и поверхности втулки. Чаще всего для чистовой обработки используют сферический или сфероконический инструмент. А для управления осью инструмента используют верхние границы соседних лопастей. В этом случае система сама виртуально построит пространственную кривую, равноудаленную от обеих лопастей, и использует ее для управления осью инструмента (рис. 12).

ЗИНЧЕНКО Даниил –
ведущий специалист Группы компаний ADEM

Продолжение статьи будет опубликовано в следующем номере журнала.