



# Токарная обработка как начало САМ-истории в АСКОН

Михаил Паньков

Специфика моей трудовой деятельности такова, что примерно 70-80% рабочего времени я провожу за программированием в различных, используемых на предприятии САМ-системах. Также в мои обязанности входит изучение САМ-систем, отличных от тех, что я использую на рабочем месте, с целью улучшения условий труда технологов-программистов, сокращения сроков разработки управляющих программ,

Сегодня мне предоставляется возможность рассказать об одной очень интересной библиотеке.

«Модуль ЧПУ. Токарная обработка» разработан Мордовским государственным университетом как прикладная библиотека КОМПАС, которая стирает «мост конвертирования» из САД в САМ, — все расчеты делаются в оболочке КОМПАС. Я не берусь описывать преимуще-

### Михаил Паньков

Инженер-технолог 1-й категории отделения разработки управляющих программ для станков с ЧПУ, НИЦ (г. Курск), ФГУП «18 ЦНИИ» МО РФ.

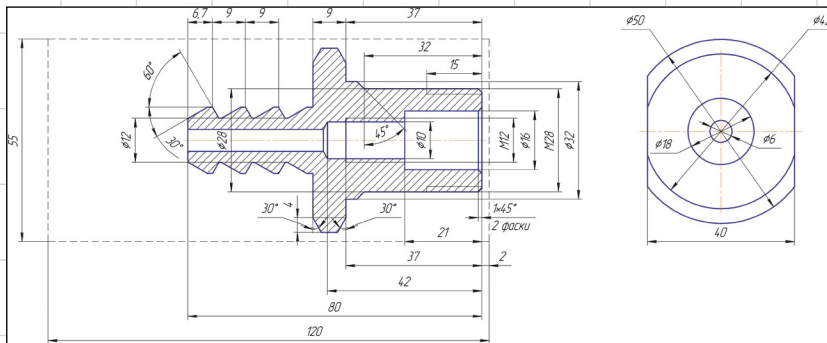
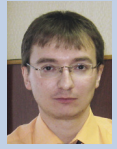


Рис. 1. Чертеж штуцера

сокращения времени на изготовление деталей на станках с ЧПУ и поиск оптимальных режимов резания. В отделении, где я работаю технологом, КОМПАС используется как промежуточное звено между конструкторской разработкой и САМ-системой для написания управляющих программ. В первую очередь — это конвертирование разработанных моделей или эскизов через разные форматы в САМ-систему, что неудобно при работе со сторонними заказчиками, использующими разноразличные САД-пакеты.

ства и недостатки данного пакета по сравнению с каким-либо другим САМ-продуктом, а просто вкратце расскажу, каким функционалом обладает данный модуль на примере какой-нибудь детали. Не хочется заострять внимание на нюансах в настройках, параметрах той или иной функции и режимах резания — все значения оставим по умолчанию.

Прежде чем начать, отмечу, что данный модуль рассчитан на разработку управляющих программ для токарных станков с ЧПУ, оснащенных револьверной головкой. В базо-

вый комплект модуля входят постпроцессоры на наиболее известные системы ЧПУ: Маяк 600Т; NC-31; Балт-Систем; FANUC Series 0i-TD; SINUMERIK 802D; FAGOR CNC 8035 T.

Для освещения максимума стратегий токарной обработки для примера я возьму деталь типа «Штуцер» (рис. 1). Чтобы не запутывать технологов, программистов и рядовых пользователей, которые столкнутся с изучением функционала данного модуля, я буду использовать для рассмотрения систему ЧПУ FANUC Series 0i-TD, поэтому все циклы, указанные в статье, относятся именно к этой системе ЧПУ. Также я не буду акцентировать внимание на технологичности используемых приспособлений — треххвостчатый патрон выбран по умолчанию с целью экономии времени при разработке технологического процесса подготовки управляющей программы.

Так как в данном модуле пока не реализована функция обработки с противощпинделем, деталь такого вида будет обрабатываться с двух установов. Для каждого установка необходимо создать копии исходной модели, которые будут полностью ассоциативны с исходной деталью. На детали рекомендуется сделать сечение плоскостью ZX для удобства выбора внутренних поверхностей, если предполагается их обработка. Из разреза следует исключить все элементы, не участвующие в токарной обработке: пазы, лыски, вырезы и т.д.

Все создаваемые проходы, переходы, настройки формируются в виде плана обработки командами панели инструментов (рис. 2а), либо соответствующим модулем в менеджере библи-

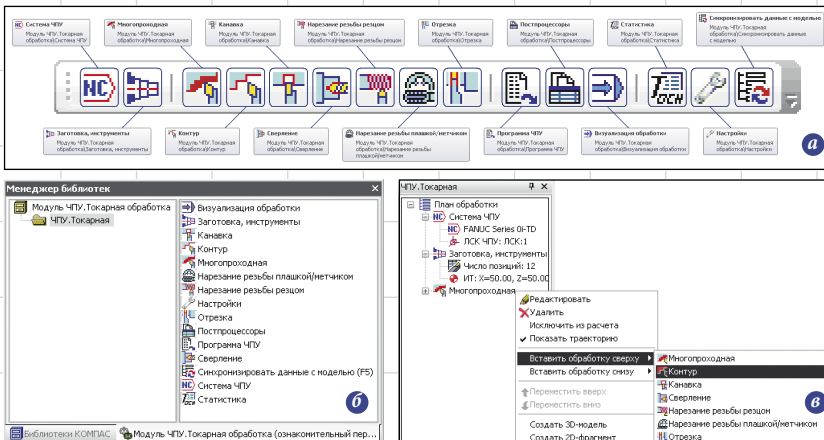


Рис. 2. Способы создания плана обработки

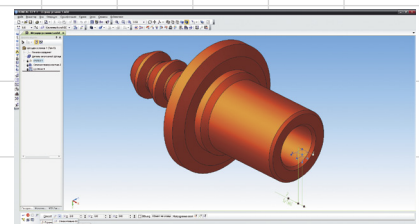


Рис. 3. Способы построения ЛСК

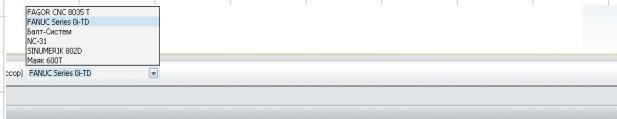


Рис. 4. Выбор ЛСК и системы ЧПУ

тек (рис. 2б). Создание в контексте меню дерева обработок возможно, если только в дереве присутствует хотя бы одна стратегия (рис. 2в).

Создание плана обработки необходимо начинать с задания локальной системы координат ЧПУ, которая определяет положение ну-

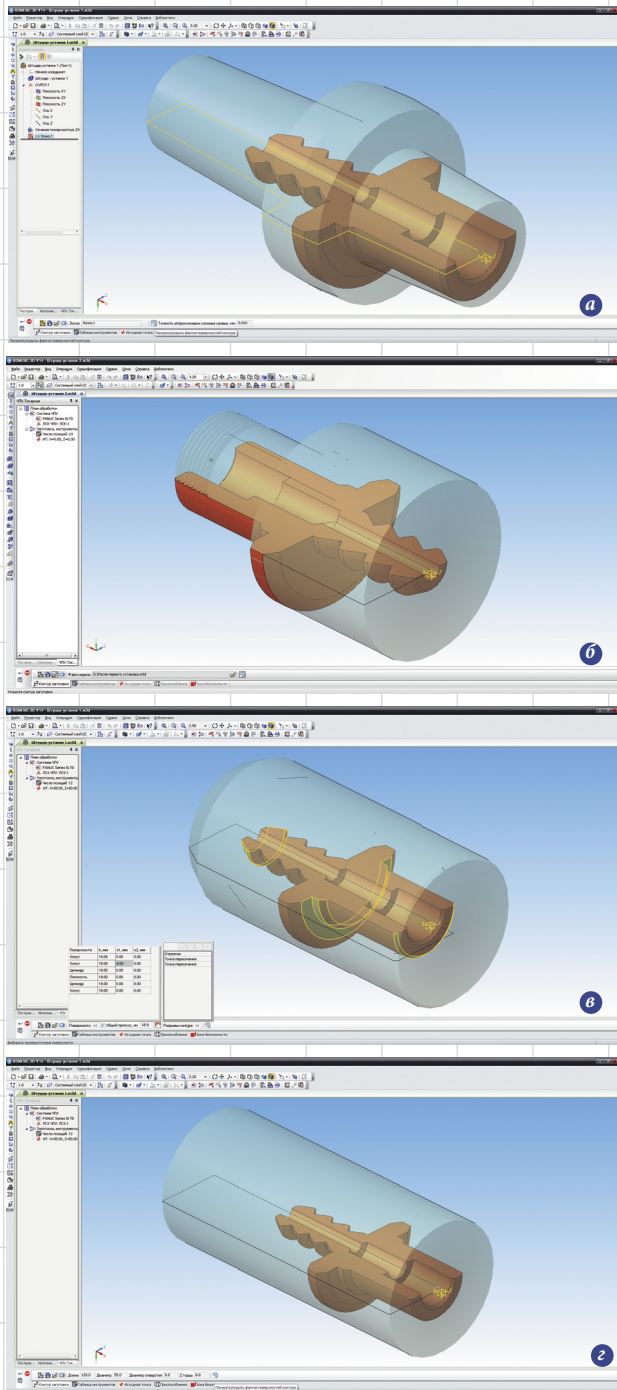


Рис. 5. Способы задания заготовки

План обработки на первом установе (с правой стороны на чертеже)			
№	Содержание прохода	Инструмент	Поз.
1	Черновое точение от d55 до d50, включая угол 30° с припуском 0,5 мм.	Резец проходной черновой	П1
	Черновое точение от d55 до d32, включая угол 45° с припуском 0,5 мм.		
	Черновое точение от d55 до d28, включая фаску 1 × 45° с припуском 0,5 мм.		
2	Подрезание торца с припуском 0,5 мм.	Резец проходной черновой	T1
3	Центрование торца	Сверло центровочное d3 мм.	T2
4	Сверление d10 мм.	Сверло d10 мм.	T3
5	Растачивание d16 мм., включая фаску 2,5 × 45° с припуском 0,5 мм.	Резец расточной черновой	T4
6	Чистовое растачивание d16 мм., включая фаску 1 × 45°	Резец расточной чистовой	T5
7	Чистовое точение по контуру с торца и снаружи	Резец проходной чистовой	T6
8	Нарезание резьбы M28	Резец резьбовой	T7
9	Нарезание резьбы метчиком M12	Метчик M12	T11
10	Отрезка с припуском под второй установ 0,5 мм.	Резец отрезной	T8

План обработки на втором установе (с левой стороны на чертеже)			
№	Содержание прохода	Инструмент	Поз.
1	Черновое точение от d55 до d18, включая угол 30° с припуском 0,5 мм.	Резец проходной черновой	T1
2	Чистовое точение по контуру с торца и снаружи	Резец проходной чистовой	T6
3	Центрование торца	Сверло центровочное d3 мм.	T2
4	Сверление d6 мм.	Сверло d6 мм.	T9
5	Точение 3-х канавок	Резец профильный канавочный	T10

Рис. 6. Назначение инструмента в соответствии с планом обработки

левой точки и координатные оси  $X$  и  $Z$  относительно детали.

При программировании в данном модуле необходимо, чтобы ось вращения детали совпадала с осью  $Z$ . Достичь этого можно, воспользовавшись командой КОМПАС ЛСК (рис. 3). Выбрать способ построения *По объекту* и указать торец детали. Так как на первом установе торец детали отступает от торца заготовки на 2 мм, то выбираем способ *Относительно СК* и смещаем по  $X$  на 2 мм.

ЛСК в этом случае облегчает процесс, потому что конструктор может расположить деталь в пространстве 3D-окна так, как он считает нужным для своего проекта. Также на первом этапе проекта необходимо выбрать систему ЧПУ (рис. 4). Впоследствии ее можно изменить и сгенерировать программу на другую стойку.

На втором этапе выбираем заготовку, инструменты, приспособления, исходную точку и зону безопасности. Теперь обо всем по порядку.

Заготовку можно задать четырьмя способами: контуром на основе эскиза (рис. 5а); относительно поверхностей обрабатываемой детали (рис. 5б); на основе 3D-модели (рис. 5в); в виде проката (рис. 5г).

Для первого установа я выберу обычный прокат (см. рис. 5г), а для второго — создам заготовку на основании 3D-модели, когда часть детали будет уже обработана (см. рис. 5в).

Что касается инструмента, то для начала выбирается количество позиций, которые будут активны в инструментальном магазине. В данном случае я расписал инструмент в соответствии с обработкой на двух установах в виде таблиц (рис. 6).

В модуле организован выбор параметризованного режущего инструмента (рис. 7а) и станочных приспособлений (рис. 7б) из каталога, а также путем подключения пользовательских 3D-моделей (рис. 7в). Пользовательские модели тоже можно параметризовать через переменные, в результате чего в панели свойств появятся параметры созданного пользовательского инструмента или приспособления.

В исходной точке (рис. 8) задается смена инструмента, а зона безопасности (рис. 9) необходима для сокращения холостых ходов одного инструмента при безопасном перемещении между переходами.

После того как выбраны все предстартовые параметры, можно переходить к третьему этапу —

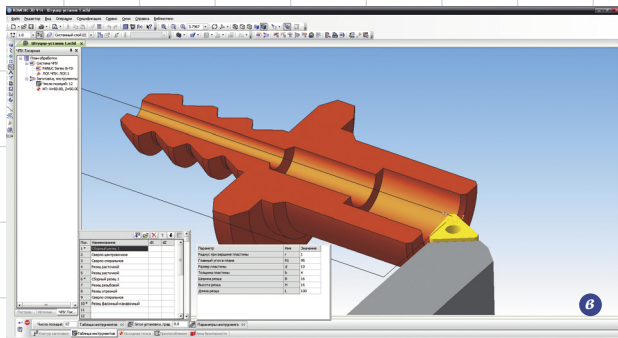
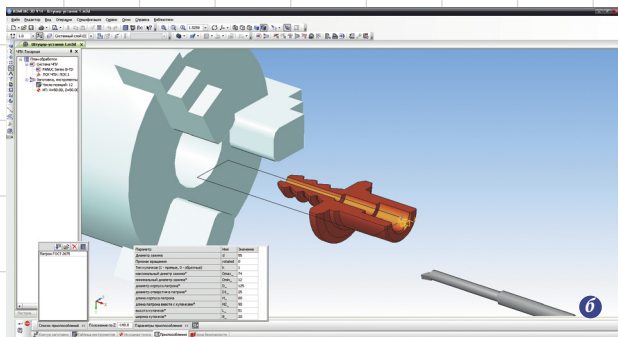
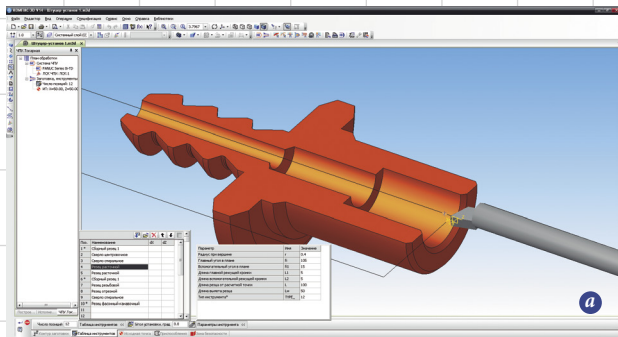


Рис. 7. Выбор инструмента и приспособлений

плану обработки, который представляет собой последовательность всех технологических переходов в проекте управляющей программы.

В модуле представлены следующие типы стратегий обработки:

- Многопроходная обработка;
- Контур;

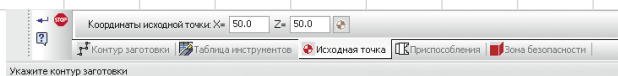


Рис. 8. Точка смены инструмента

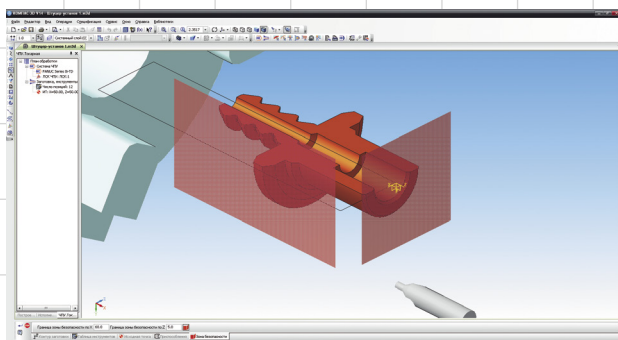


Рис. 9. Изображение границ зон безопасности по X и Z

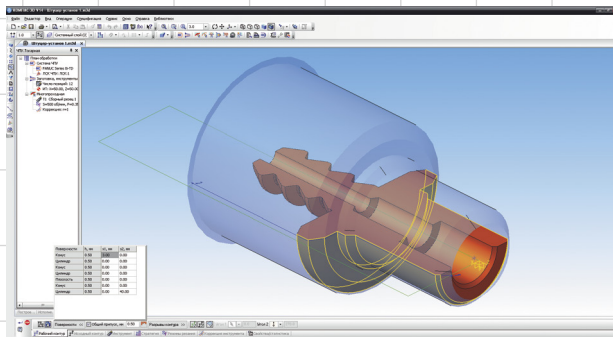


Рис. 10. Рабочий контур

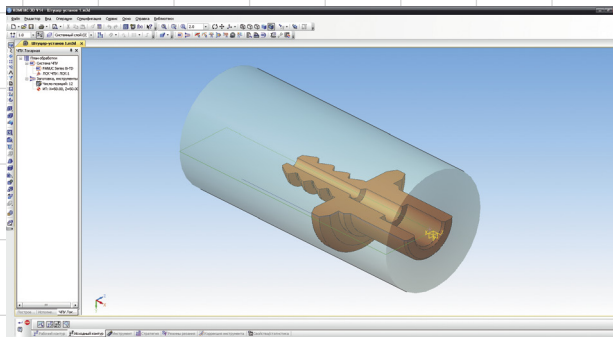


Рис. 11. Исходный контур

- Канавка;
- Сверление;
- Нарезание резьбы резцом;
- Нарезание резьбы плашкой/метчиком;
- Отрезка.

Многопроходная обработка, позволяющая снять основную часть припуска, используется как черновая обработка. Этот способ обработки можно применять для наружного точения, для внутреннего растачивания, для многопроходного подрезания торцев и канавок, используя поперечную подачу.

На первой вкладке необходимо указать рабочий контур — контур детали, который нужно получить на данном проходе (рис. 10).

Контур можно указать как в виде эскиза, так и в виде задания поверхностей на самой 3D-модели, указав припуск под чистовую обработку. Если контур указывается с помощью эскиза, то нужно учесть, что он должен быть разомкнут и не иметь самопересечений.

Исходный контур — контур детали после предшествующего прохода или, если это первый проход, контур заготовки (рис. 11).

Указание рабочего и исходного контуров является обязательным.

Контуров разного назначения подсвечиваются определенными цветами. Это очень удобно: сразу запоминаешь, что рабочий контур выделяется синим цветом, исходный — зеленым, траекто-

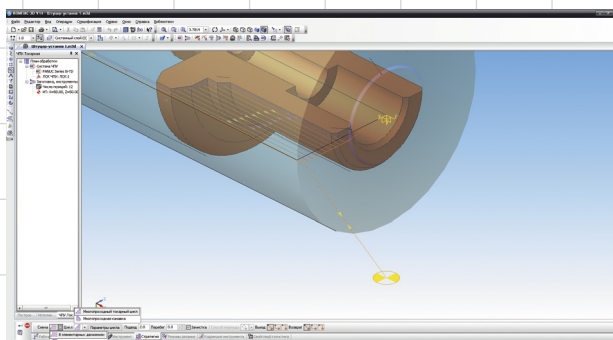


Рис. 12. Стратегия обработки

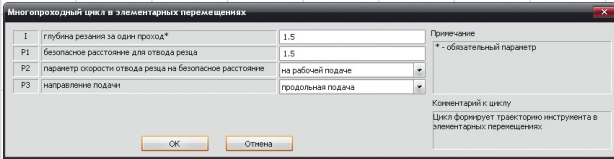


Рис. 13. Параметры схемы обработки в элементарных движениях

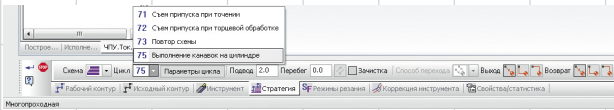


Рис. 14. Выбор машинного цикла

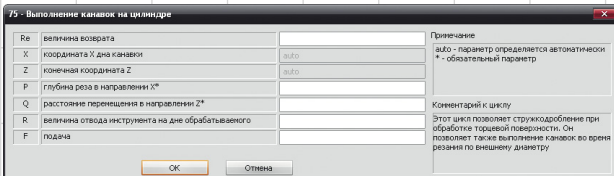


Рис. 15. Параметры схемы обработки в машинных циклах на примере цикла G75

рии инструмента — фиолетовым, ускоренные перемещения — оранжевым и т.д. И программист ЧПУ видит в окне модели, где какой контур и за что каждый из них отвечает.

На вкладке *Стратегия* можно выбрать две стратегии обработки: в элементарных перемещениях или в машинных циклах (рис. 12). Такие схемы обработки есть практически во всех стратегиях, кроме контурной обработки, обработки канавки и отрезки.

Схема в элементарных движениях предлагает обработку вдоль детали — *Многопроходный токарный цикл* или обработку в поперечном направлении — *Многопроходная канавка* (см. рис. 12). Параметры цикла задаются отдельным диалогом (рис. 13).

Постпроцессор производит конвертацию машинных циклов системы ЧПУ в управляющую программу в соответствии с выбором пользователя цикла обработки (G71 — сьем припуска при продольном точении, G72 — сьем припуска при торцевом точении, G73 — повтор схемы, G75 — обработка канавок) — рис. 14. Каждый цикл также наделен определенными параметрами для расчета

траектории (рис. 15). На этой же вкладке можно задать величину подвода и перебега инструмента и включить опцию зачистки остаточных гребешков. Можно изменить способ подвода/отвода инструмента к исходной точке и от нее и способ перехода, когда используется одинаковый инструмент на смежных обработках. В этом случае, чтобы не совершать лишних холостых движений в исходную точку, можно переместить инструмент напрямую или через зону безопасности.

Вкладка *Режимы резания* отвечает за параметры обработки под разный тип инструмента (рис. 16).

Коррекция инструмента на радиус задается автоматически исходя из параметров инструмента (рис. 17). А вот коррекция на длину задается величинами dX и dZ с обратным знаком — смещение инструмента относительно точки привязки.

Вкладка *Свойства/Статистика* носит информативный характер и фиксирует данные по проходу (рис. 18). Траектории инструмента отображаются непосредственно в окне 3D-модели и подсвечиваются разными цветами.

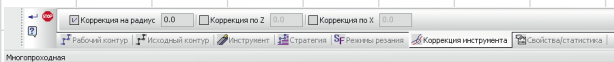


Рис. 16. Вкладка *Режимы резания*

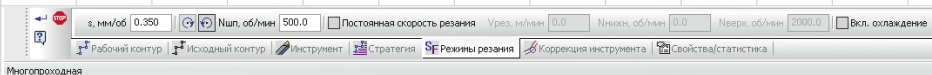


Рис. 17. Вкладка *Коррекция инструмента*

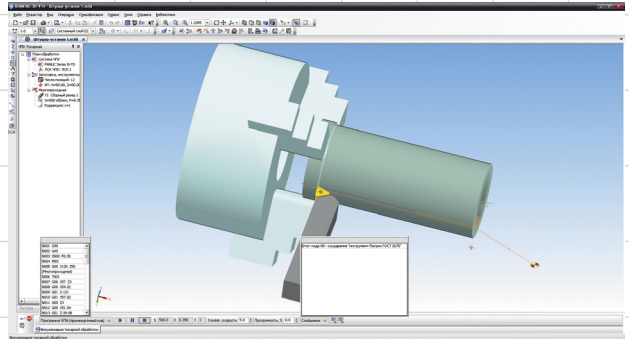


Рис. 18. Вкладка *Свойства/Статистика*

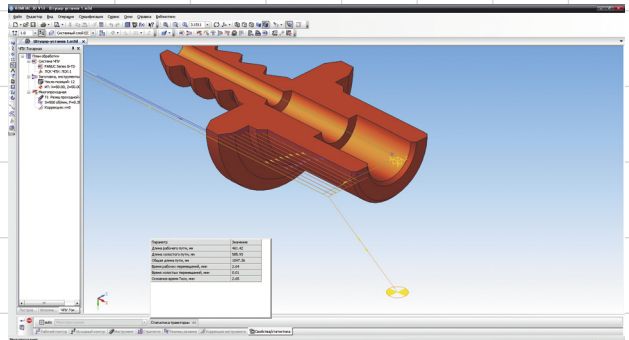


Рис. 19. Пример ошибки при соударении инструмента с патроном

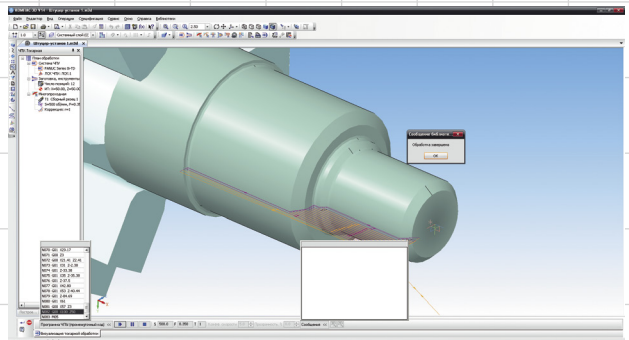


Рис. 20. Сообщение о положительном завершении верификации прохода

После каждого прохода можно запускать визуализацию обработки. Верификатор выявит ошибки и выведет на экран сообщение с номером кадра, где допущена ошибка (рис. 19).

Если ошибок нет, появится сообщение об успешном выполнении прохода или всей управляющей программой (рис. 20).

Отличие контурной обработки от многопроходной заключается в том, что в контуре нет циклов обработки, инструмент по контуру проходит всего один раз — все

остальные параметры задаются аналогичным способом.

*Сверление* — функция, с помощью которой в данном модуле можно запрограммировать следующие типы обработок: центрование, сверление, зенкерование, развертывание, зенкование.

Существуют два способа задания рабочего контура отверстия (рис. 21):

- по поверхности — в качестве поверхности указывается та, которую необходимо просверлить;
- по эскизу — указывается эскиз, содержащий контур отверстия.

Вкладка *Стратегия* состоит из двух схем обработок: обработка в элементарных движениях и обработка в машинных циклах

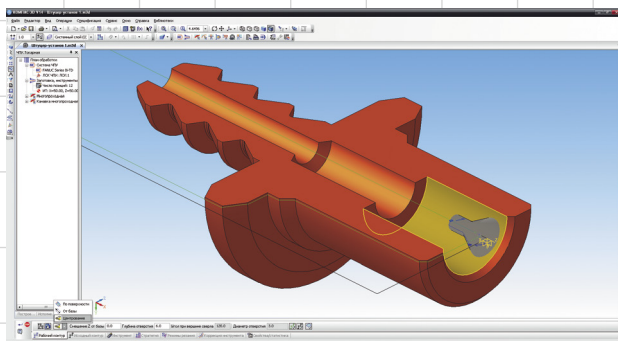


Рис. 21. Задание отверстия в окне модели

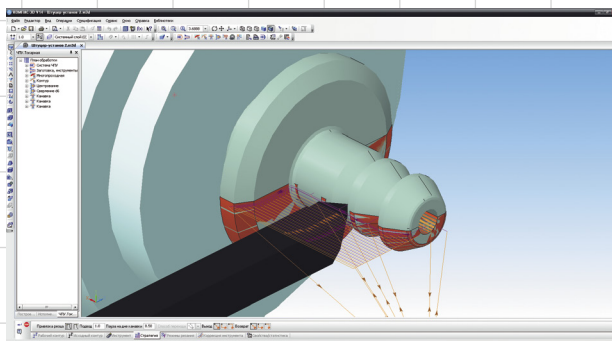


Рис. 24. Обработка канавки при помощи пользовательской модели инструмента

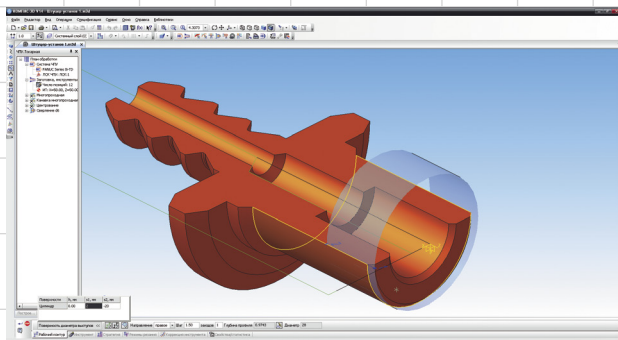


Рис. 22. Нарезание резьбы резцовым резцом

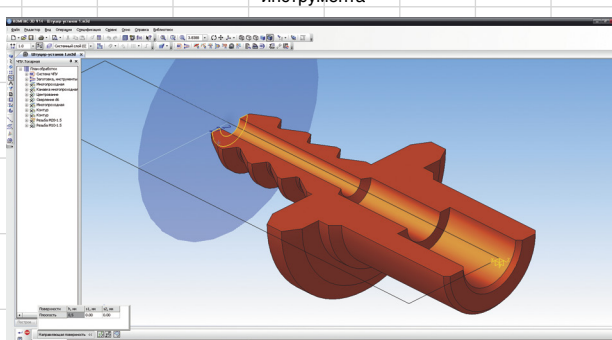


Рис. 25. Отрезка

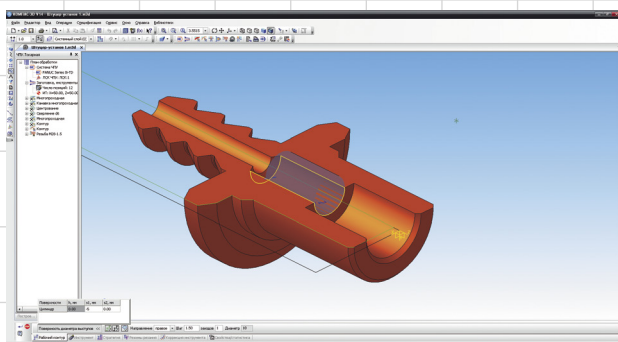


Рис. 23. Нарезание резьбы метчиком

(G74 — сверление торцевой поверхности с периодическим выводом сверла, G83 — сверление передней поверхности). Как уже говорилось, расчет циклов ведет постпроцессор исходя из заданных параметров.

Вкладка *Нарезание резьбы резцом* удивила отсутствием задания так называемой длины резьбы. Предположим, что мы режем резьбу на болте не до шляпки, а на определенную длину. Указываем поверхность, где должна быть резьба, а система рисует область всей поверхности, вплоть до шляпки. Из ситуации можно выйти, подобрав параметры S1 и S2, которые отвечают за начало контура и его концовку (рис. 22). Параметры мо-

гут принимать как положительные, так и отрицательные значения. *Стратегия* аналогична предыдущим типам обработки и содержит две схемы: в элементарных движениях и в машинных циклах (G33 — нарезание резьбы с постоянным шагом, G34 — нарезание резьбы с переменным шагом, G76 — многократный цикл нарезания резьбы). В отличие от типа нарезания резьбы задаются разные параметры того или иного цикла. За счет этих особенностей модуль позволяет запрограммировать многопроходный цикл нарезания метрической, конической, трубной и трапецеидальной резьбы.

Тип *Нарезание резьбы плашкой/метчиком* (рис. 23) аналогичен

предыдущей стратегии *Нарезание резьбы резцом*. В нем тоже по умолчанию нарезание резьбы идет на длину всей поверхности, которая будет выбрана на 3D-модели. Выйти из сложившейся ситуации можно аналогичным (как в предыдущем типе обработки) способом.

Перейдем к рассмотрению обработки *Канавка*. К обработке добавились функции поперечного или продольного смещения инструмента на вкладке *Рабочий контур*, что позволяет определить направление канавок. На вкладке *Стратегия* добавилась функция *Привязка реза*, которая задает точку привязки реза относительно канавки (рис. 24). Если у реза есть переменная base, то привязка задается исходя из параметров инструмента. Для нарезания данного профиля в штуцере я использовал созданную 3D-модель канавочного реза.

Стратегия *Отрезка* создает траекторию отрезного реза в элементарных перемещениях. Здесь стоит указать торцевую поверхность (рис. 25), по которой пройдет отрезка, программа сама рассчитает траекторию инструмента в зависимости от введенных параметров реза и стратегии обработки.

Цикл глубокой отрезки аналогичен глубокому сверлению. В параметрах цикла можно задать отрезку с ломкой или удалением стружки. Можно задать уменьшение подачи в конце отрезки. Существует возможность точения фаски перед отрезкой.

Как уже указывалось, функция верификации управляющей программы позволяет проверить ее на ошибки в режиме реального времени, если задан коэффициент скорости 1,0 или же в ускоренном/замедленном просмотре. Реализована функция проверки столкновений инструмента с приспособлениями и проверка врезания инструмента в заготовку на ускоренной подаче. Верификация обладает твердотельной визуализацией перемещений инструмента с имитацией удаления материала. В режиме верификации есть удобная функция генерации 2D-фрагмента (рис. 26а) или 3D-модели (26б) на любом этапе просмотра УП с целью сравнения полученной модели с исходной.

Сохранение в виде 3D-модели позволяет создать деталь для следующего установка, если обработка происходит с нескольких перестановок. В то же время, сохранив

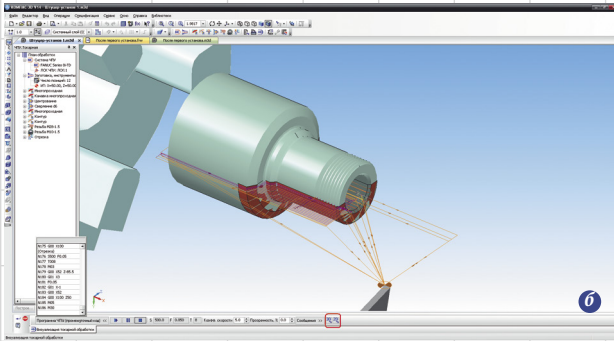
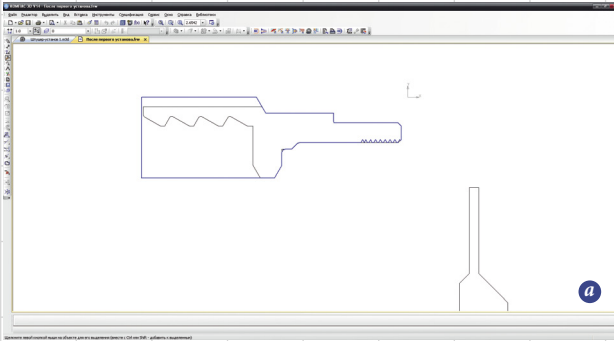


Рис. 26. Процесс генерации фрагмента (а) и 3D-модели (б) после обработки на первом установе

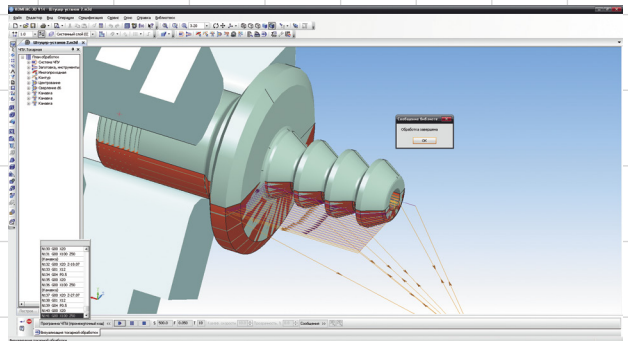


Рис. 27. Процесс верификации на втором установе

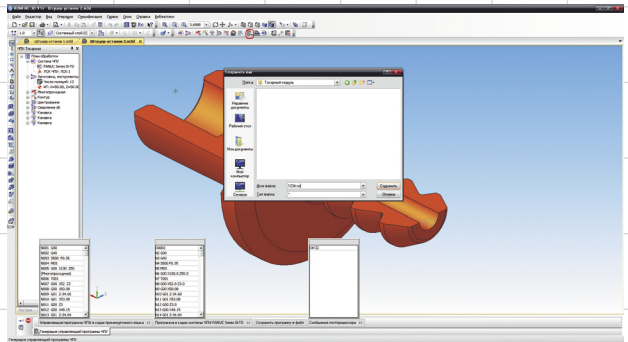


Рис. 28. Генерация УП

результат обработки в виде эскиза (см. рис. 26а), можно сравнить его с эскизом готовой детали и увидеть сходства, отличия и недочеты. Минимальные радиусы в углах на фрагменте обусловлены радиусами при вершине инструмента.

Процесс изготовления штуцера подошел к завершению (рис. 27). Осталось только сгенерировать УП для станка с ЧПУ.

Процесс генерации кода управляющей программы происходит путем нажатия кнопки *Программа ЧПУ* на панели инструментов (рис. 28). Создание программы происходит практически мгновенно, небольшую задержку в 2-3 секунды может вызвать работа постпроцессора, после чего на экране появляется текст программы в кодах используемой системы ЧПУ. Полученную программу можно сохранить в файле и отправить на станок.

Процесс создания УП включает два этапа: генерация программы в промежуточном коде и ее конвертация в коды системы ЧПУ с помощью постпроцессора. Промежуточный код основан на стандарте ISO, который понятен большинству технологов. Постпроцессор представляет собой скрипт на языке Python с открытым ко-

дом, который пользователь может редактировать, а также разрабатывать по аналогии собственные постпроцессоры.

Одной из особенностей библиотеки является возможность включения в управляющую программу циклов систем ЧПУ, что позволяет получать весьма короткие и эффективные программы. В этом случае программирование и контроль частично переносятся на уровень стойки управления станком, что повышает надежность и безопасность сгенерированной программы, улучшает ее читаемость и сокращает расход оперативной памяти станка.

Пожалуй, единственное неудобство при использовании циклов систем ЧПУ заключается в следующем: если после создания какой-то обработки мы захотим изменить постпроцессор, модуль сбросит все циклы на схемы в элементарных перемещениях и выдаст соответствующее сообщение. Это обусловлено тем, что у каждой системы ЧПУ свой набор циклов, поэтому тех, которые программируются на FANUC, может не оказаться, допустим, на NC-31 и т.д.

Что еще хорошего можно добавить в описание основной части функционала системы? А добавим вот что.

Нажав на панели инструментов кнопку *Статистика*, выведем на экран подробный расчет времени обработки, длину рабочих и холостых перемещений, а также информацию по режимам резания в соответствии с созданными видами обработок (рис. 29).

Для любителей фасонной обработки существует возможность адаптивной настройки фасонного резца на профиль канавки. По умолчанию он имеет круглую форму. Если такой резец выбрать при задании параметров обработки, то он примет профиль рабочего контура.

Самая главная особенность данного модуля, по моему мне-

№	Обработка	Ншп, обл./...	s, мм/об	T	Лраб, мм	Лхол, мм	Траб, мин	Тхол, мин	Тосн, мин
1	Многопроходная	500	0.35	1	760.17	859.84	4.34	0.04	4.39
2	Канавка многопроходная	500	0.35	1	31.24	122.43	0.18	0.01	0.19
3	Центрование	200	0.25	2	9.00	150.42	0.18	0.03	0.21
4	Сверление φ6	200	0.25	3	49.39	290.08	0.99	0.03	1.02
5	Многопроходная	500	0.35	4	48.62	182.01	0.28	0.03	0.30
6	Контур	800	0.25	5	28.45	181.30	0.14	0.02	0.16
7	Контур	800	0.25	6	102.22	230.69	0.51	0.02	0.53
8	Резьба M28-1.5	100	1.5	7	76.00	208.70	0.51	0.04	0.55
9	Резьба M10-1.5	30	1.5	11	38.00	240.00	0.84	0.03	0.88
10	Отрезка	500	0.05	8	26.50	301.72	1.06	0.02	1.08
	СУММА				1169.59	2767.17	9.03	0.28	9.31

Статистика не учитывает станочные циклы, для которых постпроцессор не генерирует траекторию, обработки с постоянной скоростью резания и обработки с ошибками

Закреть окно

Рис. 29. Статистика по всем типам обработки

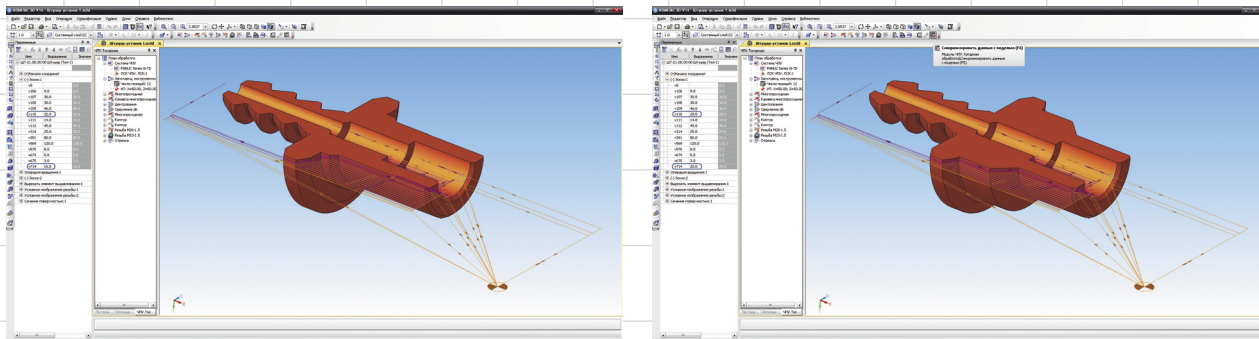


Рис. 30. Ассоциативность модели с процессом обработки

нию, — это ассоциативность с параметризованной 3D-моделью. Если в модели изменить какие-то размеры, то модуль автоматически сгенерирует соответствующие про-

ходы по новым размерам (рис. 30). Главный фактор — модель должна быть параметризована.

На этой позитивной ноте я завершаю знакомство с «Модулем

ЧПУ. Точарная обработка». Много чего в нем еще не хватает: обработки с противопинделем, обработки с осью *C* (токарно-фрезерная) и других функций,

но... начало положено! И я верю, что не за горами тот день, когда у АСКОН будет собственная САМ-система, полностью ассоциативная с КОМПАС! ➡