



Автоматизация проектирования червячных зуборезных фрез в системе КОМПАС

Александр Щёкин, Эдуард Митин, Сергей Сульдин

Проектирование и оформление конструкторской документации металлорежущего инструмента со сложным геометрическим профилем сопряжено с выполнением большого объема довольно трудоемкой вычислительной работы. В связи с этим актуальной является автоматизация данного процесса с использованием современных САД-систем.

При этом под «автоматизированным проектированием» следует понимать не простое переложение на ЭВМ некоторых трудоемких математических и логических задач, а автоматизацию всего комплекса конструкторских работ, в том числе расчетных и чертежно-оформительских задач.

Математической основой создания такого программного обеспечения являются аппарат и методы разных геометрических дисциплин: начертательной, аналитической, проективной и дифференциальной геометрии. Необходимы также аппарат и методы решения линейных и нелинейных (трансцендентных) уравнений и систем таких уравнений.

В данной статье представлена разработка библиотеки параметрических моделей червячных зуборезных фрез, которая средствами системы КОМПАС полностью автоматизирует расчет и оформление конструкторской документации (чертежей и 3D-моделей) червячных зуборезных фрез.

В настоящее время КОМПАС состоит из двух подсистем: чертежно-конструкторского редактора КОМПАС-График и редактора трехмерных твердотельных моделей КОМПАС-3D.

Подсистема КОМПАС-График предназначена для автоматизации проектно-конструкторских работ в различных отраслях деятельности. Она может успешно использовать

ся в машиностроении, архитектуре, строительстве, составлении планов и схем — везде, где необходимо разрабатывать и выпускать чертежную и текстовую документацию.

КОМПАС-График специально предназначен для операционной среды MS Windows и в полной мере использует все ее возможности и преимущества для предоставления пользователю максимального комфорта и удобства в работе.

Система КОМПАС-3D предназначена для создания трехмерных ассоциативных моделей отдельных деталей и сборочных единиц, содержащих как оригинальные, так и стандартизованные конструктивные элементы. Параметрическая технология позволяет быстро получать модели типовых изделий на основе однажды спроектированного прототипа. Многочисленные сервисные функции облегчают решение вспомогательных задач проектирования и обслуживания производства.

Ключевой особенностью КОМПАС-3D является использование собственного математического ядра и параметрических технологий, разработанных специалистами АСКОН.

Система обладает мощным функционалом для работы над проектами, включающими несколько тысяч подборок, деталей и стандартных изделий. Она поддерживает все возможности трехмерного твердотельного моделирования, ставшие стандартом для 3D САПР среднего уровня:

- булевы операции над типовыми формообразующими элементами;
- ассоциативное задание параметров элементов;
- построение вспомогательных прямых и плоскостей, эскизов, пространственных кривых (ло-

маных, сплайнов, различных спиралей);

- создание конструктивных элементов — фасок, скруглений, отверстий, ребер жесткости, тонкостенных оболочек;
 - специальные возможности, облегчающие построение литейных форм, — литейные уклоны, линии разреза, полости по форме детали (в том числе с заданием усадки);
 - создание поверхностей;
 - создание любых массивов формообразующих элементов и компонентов сборок;
 - вставка в модель стандартных изделий из библиотеки, формирование пользовательских библиотек моделей;
 - моделирование компонентов в контексте сборки, взаимное определение деталей в составе сборки;
 - наложение сопряжений на компоненты сборки (при этом возможность автоматического наложения сопряжений существенно повышает скорость создания сборки);
 - обнаружение взаимопроникновения деталей;
 - возможность гибкого редактирования деталей и сборок;
 - переопределение параметров любого элемента на любом этапе проектирования, вызывающее перестроение всей модели.
- Средства импорта/экспорта моделей (КОМПАС-3D поддерживает форматы IGES, SAT, XT, STEP, VRML) обеспечивают функционирование гетерогенного комплекса, содержащего различные CAD/CAM/CAE-системы.
- В практике машиностроительного проектирования и конструирования часто применяются детали и узлы, подобные по своей геометрии и различающиеся лишь своими параметрами — размерами. Для упрощения и ускорения разра-

Александр Щёкин
Инженер кафедры металлообрабатывающих станков и комплексов, ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».
Эдуард Митин
Доцент кафедры технологий машиностроения, ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».
Сергей Сульдин
Доцент кафедры металлообрабатывающих станков и комплексов, ГОУВПО «Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва».

ботки чертежей, содержащих типовые и стандартизованные детали, очень удобно применять готовые параметрические библиотеки.

Библиотека — это приложение, созданное для расширения стандартных возможностей КОМПАС-График и функционирующее в его среде. Типичными примерами приложений являются поставляемая вместе с системой библиотека Kompas.rtw (она содержит функции построения часто встречающихся геометрических фигур, гладких и резьбовых отверстий и т.д.), а также отдельный продукт семейства КОМПАС — библиотека стандартных машиностроительных элементов, значительно ускоряющая проектирование сборочных единиц и оформление сборочных чертежей.

Прикладная библиотека может быть создана в одной из стандартных сред программирования для Windows (Borland C++, Microsoft Visual C++, Borland Pascal и т.д.) с использованием функций специального комплекта разработки приложений КОМПАС-Мастер. По своей архитектуре библиотека является стандартным динамически подключаемым модулем (dll) Windows. По умолчанию файлы

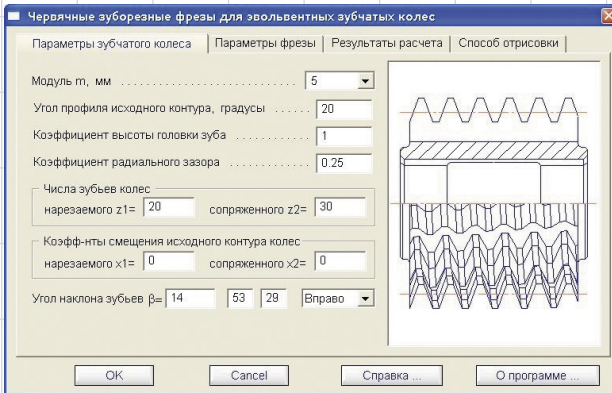


Рис. 1. Параметры нарезаемого и сопряженного зубчатых колес

библиотек имеют расширения *.dll или *.rtw.

В прикладных библиотеках через языковые средства могут использоваться все возможности КОМПАС-График, предоставляемые при интерактивной работе (создание и редактирование объектов, работа с моделью документа, открытие и сохранение чертежей и фрагментов и т.д.).

Следует отметить, что возможности использования библиотек отнюдь не ограничиваются простым вводом в чертеж параметризованных стандартных элементов. Библиотека может представлять собой сложную, ориентированную на конкретную задачу подсистему автоматизированного проектирования, которая после выполнения проектных расчетов формирует готовые конструкторские документы или их комплекты. Можно сказать, что в виде прикладных библиотек вполне реально разрабатывать целые САПР объектов определенного класса.

КОМПАС-График не налагает никаких ограничений на размер

и сложность функций библиотек, а скорость исполнения библиотечных функций зависит в основном от характеристик компьютера (объем оперативной памяти, скорость доступа к жесткому диску и т.д.).

КОМПАС-График поддерживает одновременную работу с несколькими подключенными библиотеками. Режимы работы с библиотекой могут быть различными (окно, диалог, меню).

После подключения библиотеки к системе пользователь выбирает нужную функцию из ее каталога и запускает на исполнение.

КОМПАС-Мастер включает в свой состав 2D API и 3D API.

2D API (программный интерфейс КОМПАС-График) обеспечивает доступ к графической базе данных системы КОМПАС для формирования и обработки графических документов. В его состав входит набор библиотек графических функций, оформленных в виде динамически подключаемых разделяемых DLL-модулей. Библиотеки КОМПАС-



Рис. 3. Параметры бокового профиля зуба и стружечной канавки

Мастер включают более 300 специализированных функций, позволяющих в полной мере реализовать в создаваемых приложениях возможности графического редактора КОМПАС-График по построению, редактированию и обработке чертежей. Применение рекомендуется в Borland 5.01 и Delphi.

3D API (программный интерфейс КОМПАС-3D) обеспечивает доступ к системе КОМПАС для формирования и обработки трехмерных моделей. В его состав входят стандартные COM-объекты. Использование COM-интерфейсов позволяет получить максимальную производительность системы.

В API системы КОМПАС реализована технология Automation через интерфейсы IDispatch. С помощью интерфейсов такого типа можно получить доступ к системе для работы как с графическими документами, так с трехмерными моделями. При этом может быть реализован весь функционал систем КОМПАС-График и

КОМПАС-3D. Dispatch-интерфейсы могут применяться при программировании в большинстве современных сред: Visual Basic, Visual C++, C++ Builder и Delphi.

Библиотека параметрических моделей червячных зуборезных фрез представляет собой динамически присоединяемый модуль (DLL-модуль), функционирующий под управлением и в адресном пространстве системы КОМПАС. Библиотека разработана на языке программирования Visual C++ с использованием библиотеки классов Microsoft Foundation Classes (MFC). Для работы с библиотекой необходим КОМПАС-3D не ниже версии 7 Plus.

Библиотека предназначена для проектирования червячных зуборезных фрез эвольвентного профиля следующих типов:

- прецизионных (модуль от 1 до 14 мм);
- общего назначения нормальной длины (модуль от 1 до 9 мм);
- общего назначения увеличенной длины (модуль от 1 до 9 мм).

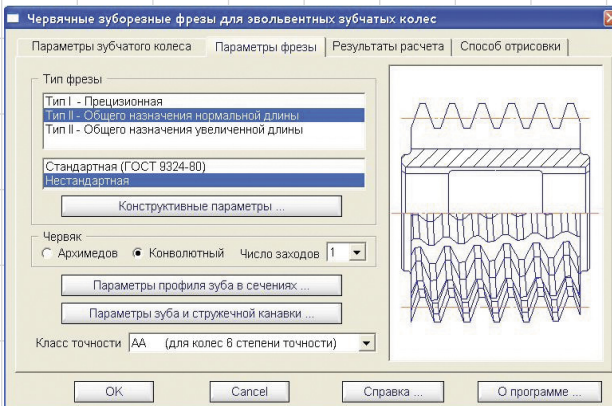


Рис. 2. Выбор типа червячной фрезы и ее основных параметров

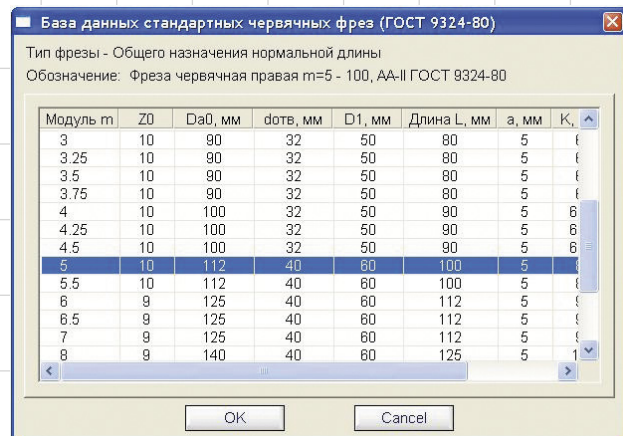


Рис. 4. База данных стандартных червячных фрез

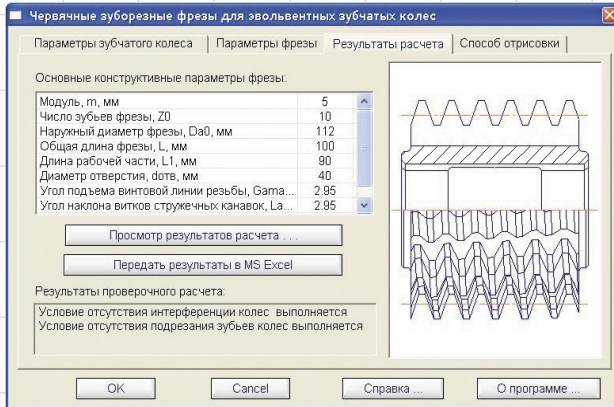


Рис. 5. Результаты расчета

Возможно проектирование как стандартных, так и нестандартных червячных фрез. Библиотека содержит базы данных стандартных червячных фрез в соответствии с ГОСТ 9324-80Е.

- В процессе проектирования библиотека решает следующие задачи:
- расчет геометрических параметров фрезы;
 - формирование значений показателей точности и технических требований в зависимости от степени точности нарезаемого колеса;
 - построение рабочего чертежа червячной фрезы или ее макро-объекта с заданным видом;
 - построение трехмерной модели фрезы;
 - генерация текстовой документации с результатами расчета в формате MS Excel.

Библиотека имеет простой и очень гибкий интерфейс. Ввод исходных данных реализован на диалоговой панели с четырьмя страницами.

На первой странице (рис. 1) задаются исходные параметры на-

резаемого и сопряженного с ним зубчатых колес:

- модуль m (мм);
- угол профиля исходного контура α (градусы);
- коэффициент высоты головки зуба;
- коэффициент радиального зазора;
- числа зубьев нарезаемого и сопряженного колес (Z_1 и Z_2);
- коэффициенты смещения исходного контура колес (X_1 и X_2);
- угол наклона зубьев β , направление линии зубьев.

Модуль выбирается из списка, который содержит стандартные значения модулей и допускаемых для данного типа фрезы. При изменении типа фрезы (на второй странице диалоговой панели) происходит автоматическое обновление списка модулей.

На второй странице (рис. 2) выбираются тип фрезы, класс точности, конструктивные параметры, задаются параметры стружечной канавки (рис. 3).

Реализован расчет как нестандартных червячных фрез, так и

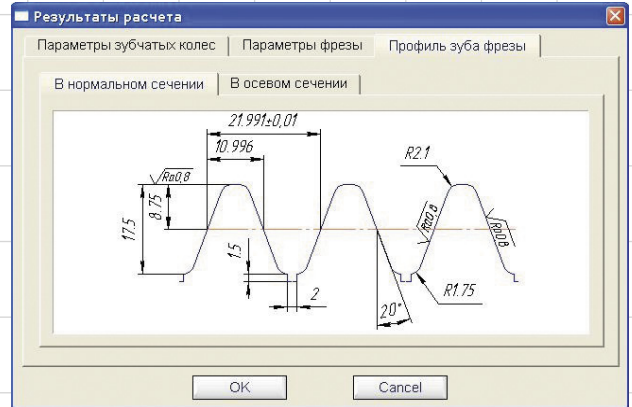


Рис. 7. Профиль зуба фрезы

выбор из базы данных стандартных фрез в соответствии с ГОСТ 9324-80Е. Просмотреть параметры стандартных червячных фрез можно, нажав кнопку *Конструктивные параметры...* На рис. 4 показана база данных прецизионных червячных фрез в соответствии с ГОСТ 9324-80Е.

Третья страница является выходной (рис. 5). На ней можно просмотреть результаты расчета. При нажатии на кнопку *Ok* сначала происходит переход на третью страницу, чтобы пользователь мог увидеть приближенные результаты расчета, а при повторном нажатии на *Ok* появляется фантом или рабочего чертежа фрезы, или ее макро-объекта.

Результаты геометрического расчета можно просмотреть, нажав кнопку *Просмотр результатов расчета...* Результаты расчета выводятся на диалоговой панели, показанной рис. 6 и 7.

Результаты расчета также можно автоматически передать в Excel (рис. 8).

С Excel библиотека взаимодействует посредством технологии OLE Automation через IDispatch-интерфейсы с помощью классов, производных от класса COleDispatchDriver.

На четвертой странице (рис. 9) задается способ вывода результатов проектирования. Можно задать оформление чертежа фрезы с размерами (рабочий чертеж), без размеров (общий вид, разрез, полвида-полразреза, слева, справа), построение трехмерной модели фрезы, вывод результатов расчета геометрии (файл *.cdw).

При изменении любых исходных данных происходит пересчет геометрических параметров фрезы и перерисовка ее слайда.

После того как все нужные параметры заданы, следует нажать кнопку *Ok* — произойдет автоматический переход на третью

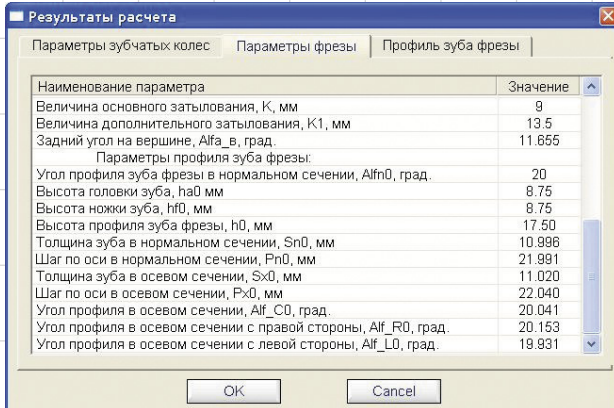


Рис. 6. Параметры фрезы

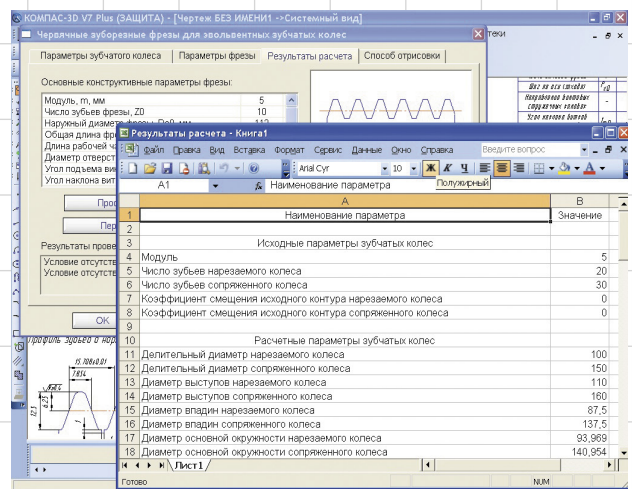


Рис. 8. Вывод результатов расчета в документ Excel

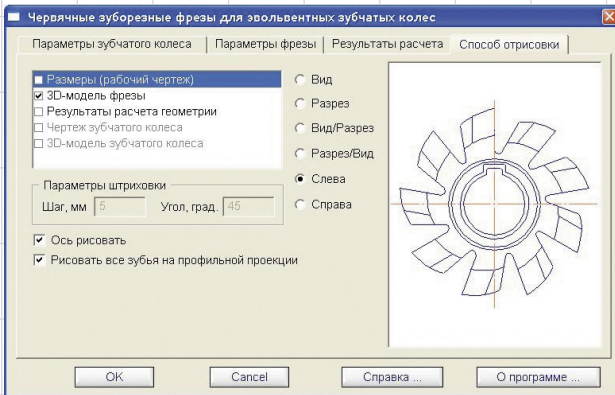


Рис. 9. Выбор способа визуализации результатов проектирования

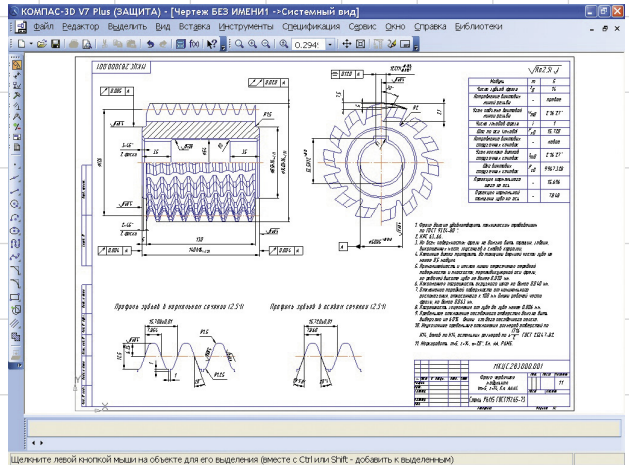


Рис. 11. Рабочий чертеж червячной фрезы

страницу диалоговой панели *Результаты расчета*. Для подтверждения следует повторно нажать кнопку *Ok*.

В окне графического документа КОМПАСа появляется фантом чертежа фрезы и специальное окно управления (рис. 10). Команды, содержащиеся в этом окне, позволяют отредактировать параметры фрезы до фиксации ее чертежа. Чтобы вызвать шужку мыши, следует дважды щелкнуть мышью по ее названию в окне управления или выбрать ее из контекстного меню. Когда фантом будет соответствовать желаемому изображению, нужно указать точку вставки чертежа, а затем угол его поворота. Чтобы отказаться от ввода изображения фрезы, следует нажать клавишу Esc или вызвать из контекстного меню команду *Прервать команду*.

Рабочий чертеж червячной фрезы содержит две ее проекции со всеми необходимыми размерами, шероховатостями, отклонениями

формы и расположения поверхностей, технические требования, таблицу параметров и профиль зуба. Рабочий чертеж вместе с размерными обозначениями образует единый макрообъект. Для изменения параметров фрезы в графическом документе нужно дважды щелкнуть на ее макрообъекте мышью.

Подобно тому как при двойном щелчке на графическом примитиве (отрезке, окружности и т.д.) запускается процесс редактирования, аналогичный процессу создания этого объекта, при двойном щелчке на библиотечном объекте запускается соответствующая ему команда библиотеки.

Поскольку библиотечный макрообъект мало отличается от обычного, пользовательского макрообъекта, он может редактироваться всеми доступными в системе способами. Например, можно масштабировать, поворачивать или копировать элемент,

Щелкните левой кнопкой мыши на объекте для его выделения (вместе с Ctrl или Shift - добавить к выделенным)

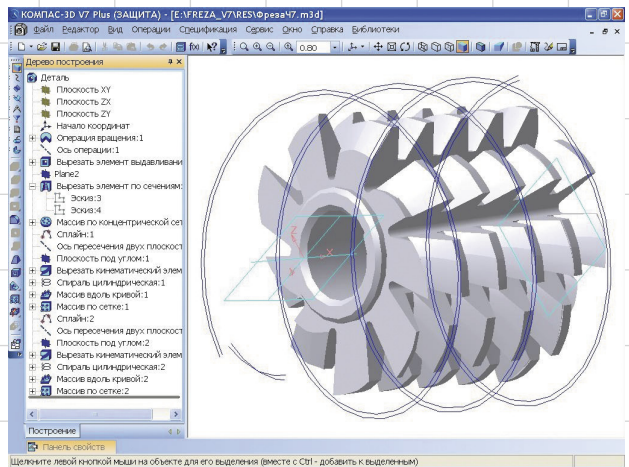


Рис. 12. Трехмерная модель червячной фрезы

вставленный из библиотеки, а также удалять какую-либо его часть и т.п. Однако при этом следует иметь в виду, что последующее редактирование элемента средствами библиотеки восстанавливает его форму и размеры. Чтобы исключить возможность редактирования библиотечного макрообъекта средствами библиотеки, его требуется разрушить. Команда для разрушения составных объектов находится в меню *Операции*. После разрушения библиотечный макрообъект превращается в набор примитивов (дуг, отрезков и т.п.), каждый из которых может редактироваться отдельно.

На рис. 11 показан рабочий чертеж червячной зуборезной фрезы, полученный с помощью библиотеки.

Если в параметрах отрисовки была включена опция 3D-модель фрезы, то после создания рабочего чертежа формируется

документ-деталь, содержащий трехмерную модель инструмента (рис. 12).

Библиотека червячных фрез обладает важным преимуществом: возможностью интеграции с другим программным обеспечением. Библиотека может выступать в роли COM-компонента для других приложений. Это преимущество отличает библиотеку от всех прикладных библиотек, поставляемых вместе с КОМПАС. Для доступа к функциям библиотеки и обмена данными была реализована поддержка двунаправленного интерфейса, позволяющего либо вызывать функции через указатель на виртуальную таблицу собственного COM-интерфейса, либо осуществлять динамический доступ посредством интерфейса IDispatch. Библиотека автоматически регистрирует себя в системном реестре Windows при первом запуске рабочего чертежа формируется

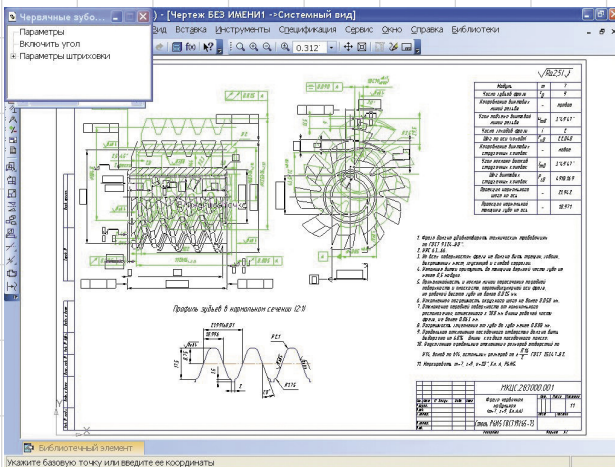


Рис. 10. Вставка рабочего чертежа фрезы в графический документ КОМПАСа