

# Особенности вузовской подготовки специалистов-технологов с применением систем программного комплекса T-FLEX

*П.Ю. Бунаков, к.т.н., Э.В. Широких, к.т.н., проф.*

Уже четыре года в Коломенском институте (филиале) Московского государственного открытого университета в рамках специальности 151001 «Технология машиностроения» преподаётся специализация «САПР технологических процессов» (САПР ТП). Предмет весьма востребован в условиях информатизации отечественной машиностроительной отрасли – это подтверждается большим интересом, проявляемым со стороны региональных предприятий.

Современные информационные технологии позволяют значительно повысить эффективность работы технологов, активно использовать имеющийся опыт в процессе аргументированного принятия технологических решений, применять методы компьютерного моделирования процессов при анализе решений, автоматизировать процессы подготовки технологической документации. Для этого требуются соответствующие кадры – не только имеющие необходимую теоретическую подготовку, но и в полной мере владеющие средствами компьютерного синтеза и анализа технологических процессов и подготовки соответствующей документации. Изложенное диктует однозначный вывод – подготовка квалифицированного инженера-технолога невозможна без включения в процесс обучения компьютерных технологий, которые сочетают в себе высокий научный уровень получаемых знаний с практическим опытом освоения современных автоматизированных систем.

Уверенное использование систем автоматизированного проектирования в профессиональной деятельности в настоящее время является обязательным требованием к современному инженеру-технологу. Разработка концепции специализации САПР ТП осуществлялась с учетом способности специалиста системно оценить существующие проблемы, выделить ключевые позиции, определить программно-технические средства для автоматизации своей профессиональной деятельности и организовать их внедрение. Исходя из этого, были выделены те аспекты инновационной деятельности технолога, освоение которых позволит сформировать устойчивые навыки для решения указанного круга задач:

- на основе знания возможностей автоматизированного проектирования и соответствующих программных продуктов, провести мониторинг имеющихся предложений, выбрать базовую систему, в максимальной степени соответствующую потребностям конкретного предприятия и адаптировать ее к производственным условиям;
- разработать бизнес-проект внедрения систем автоматизированного проектирования и организовать его практическую реализацию с учетом типовой методики и особенностей внедрения САПР;
- на основе программных технологий и практических навыков разработки специализированных расчетно-аналитических и базовых программ расширить функциональные возможности систем автоматизированного проектирования на конкретном производстве, интегрируя в них собственные разработки.

Для достижения поставленных целей в план обучения были внесены определенные изменения, назначение которых – мобилизация интеллектуальных возможностей и знаний учащегося для разрешения проблемных ситуаций в своей будущей инженерной деятельности.

С учетом этого по предложению выпускающей кафедры «Технология машиностроения» и решению Совета вуза в учебный план специализации САПР ТП базовой специальности включены три дисциплины: «САПР ТП», «САПР режущего инструмента» и «Высокоинтегрированные технологии в металлообработке (CAD/CAM/CAE-технологии)». Последняя дисциплина является методическим завершением цикла, что дает возможность комплексно изучить следующие вопросы:

- Структура и место САПР в интегрированных производственных системах, взаимосвязь систем конструкторского и технологического проектирования;
- Классификация существующих конструкторских и технологических САПР;
- Технологии системного подхода и функционально-стоимостного анализа в задачах проектирования;
- Объектно-ориентированное проектирование в конструкторско-технологических задачах;
- Различные формы описания функциональных подсистем САПР ТП, описание обеспечивающих

- подсистем САПР ТП;
- Гуманитарные аспекты автоматизации, связанные с такими факторами, как правильное понимание роли и места САПР на предприятии, необходимость перехода на новый уровень мышления и организации труда, усиление ответственности за результаты своей работы и т. д.;
- Методы и задачи геометрического и технологического моделирования;
- Виды математических моделей, используемых в САПР, методы их построения на мета-, макро- и микроуровне;
- Методы разработки и преобразования математических моделей в ходе решения задач проектирования, модели и методы решения задач технологического проектирования, структурной и параметрической оптимизации ТП;
- Методы построения элементов лингвистического, математического, информационного и программного обеспечения САПР;
- Инструментальные средства разработки программного обеспечения и программной документации;
- Принципы организации интерфейса прикладных систем, входные и выходные языки САПР, интерактивный режим работы в САПР.

Помимо этого при выполнении лабораторных работ и курсового проектирования студенты получают следующие практические навыки:

- Выполнение постановки задачи на автоматизацию расчетных, проектных и технологических процессов отдельных подразделений машиностроительного предприятия;
- Работа с инструментальными средствами разработки приложений в САПР машиностроительного профиля;
- Разработка информационного, математического, программного и методического обеспечения технологических подсистем САПР;
- Доработка функциональных возможностей САПР в соответствии с потребностями предприятия;
- Разработка и обоснование рекомендаций по выбору программно-аппаратных средств автоматизации.

Рабочие программы дисциплин специализации разработаны с учетом рекомендаций Государственного образовательного стандарта на основе отмеченных выше требований, предъявляемых к выпускникам специализации САПР ТП.

Методической основой новой специализации стал тезис, выдвинутый отечественной высшей школой еще в 70-е годы, ориентирующий на получение в стенах ВУЗа качественного базового образования и продолжение изучения новых технологий в процессе будущей работы. Отметим, что именно такой подход обеспечил достаточно высокую степень адаптации российских специалистов к тем изменениям в социально-экономической сфере, которые произошли позднее. Исходя из этого, при обучении основное внимание уделяется не изучению возможностей и особенностей конкретных САПР, а технологиям и методикам автоматизированного проектирования.

В процессе изучения дисциплины «Высокоинтегрированные технологии в металлообработке» студенты выполняет курсовой проект (КП) по унифицированной теме: «Разработка элементов интегрированной технологии проектирования и изготовления детали-представителя». Задачей КП является формирование у обучаемых понимания комплексного характера автоматизации проектирования и конечной его цели – информационной интеграции всех конструкторско-технологических и производственных подразделений в единое целое. Курсовое проектирование предполагает, в частности, решение следующих задач:

- Обоснование необходимости обработки отдельных поверхностей детали на станке с ЧПУ и выбор подходящей модели станка;
- Описание математических характеристик выбранных поверхностей;
- Сравнительный анализ возможностей используемой САПР применительно к моделированию заданной детали по отношению к аналогичным системам;
- Разработка операционного технологического процесса, включая определение структуры операций, промежуточных припусков и размеров, режимов резания и технических норм времени;
- Проектирование трехмерной математической модели детали и узла, в который она входит;
- Разработка управляющей программы (УП) для станка с ЧПУ;
- Проектирование станочного приспособления с составлением схемы базирования и компоновки, схемы и расчета усилия закрепления, схемы и расчета точности;
- Разработка и интеграция в используемую САПР автоматизированного расчетно-аналитического модуля с выполнением необходимого тестирования и написанием эксплуатационной

документации.

В качестве инструмента автоматизированного проектирования при выполнении курсового проекта был выбран программный комплекс [T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM](#), лицензионные версии которого установлены в компьютерных классах и лабораториях института. Выбор этой системы обусловлен следующими факторами:

- комплекс **T-FLEX CAD/CAM/CAE/CAPP/PDM** в максимальной степени отвечает понятию комплексной САПР среди всех отечественных разработок в этой области, поскольку включает полностью интегрированные программные решения для автоматизации проектирования, выполнения инженерно-технических расчетов, подготовки производства и управленческой деятельности на предприятии, электронного документооборота, подготовки УП для станков с ЧПУ;
- все подсистемы комплекса **T-FLEX** созданы российской компанией «Топ Системы», которая работает на рынке систем автоматизации проектирования с 1992 года. Подсистемы имеют единый интерфейс на русском языке, поставляются с русской документацией и полностью учитывают российские требования к оформлению конструкторско-технологической документации;
- система твердотельного моделирования **T-FLEX CAD 3D** построена на геометрическом ядре Parasolid, которое в настоящее время является лучшим ядром для 3D-моделирования;
- система **T-FLEX CAD** включает в себя простой и удобный аппарат создания параметрических моделей изделий любой сложности, для использования которого достаточно знания предметной области и навыков работы с программой;
- система является открытой и позволяет расширять функциональные возможности силами пользователей, поскольку имеет API-интерфейс, основанный на технологии .NET, доступный из любых языков программирования, которые поддерживают данную технологию;
- все модули системы **T-FLEX** могут работать как в едином комплексе, так и в любой комбинации, либо в автономном режиме, что позволяет оптимальным образом конфигурировать рабочие места;
- в составе системы **T-FLEX** имеются обширные библиотеки стандартных элементов (крепеж, подшипники, соединения, уплотнения и т.п.) и единая база данных технического и технологического оснащения;
- компания «Топ Системы» с 1999 года реализует программу поддержки отечественных учебных заведений, предоставляя им единую программно-методическую базу для сквозной подготовки студентов, льготные условия приобретения системы, качественное техническое сопровождение.

При курсовом проектировании студенты ориентируются на работу над производственными задачами, требующими расширения автоматизации отдельных этапов технологического проектирования, что позволяет им более четко осознать свое место в профессиональном пространстве. В качестве объектов-представителей используются детали, выпускаемые на базовых региональных предприятиях.

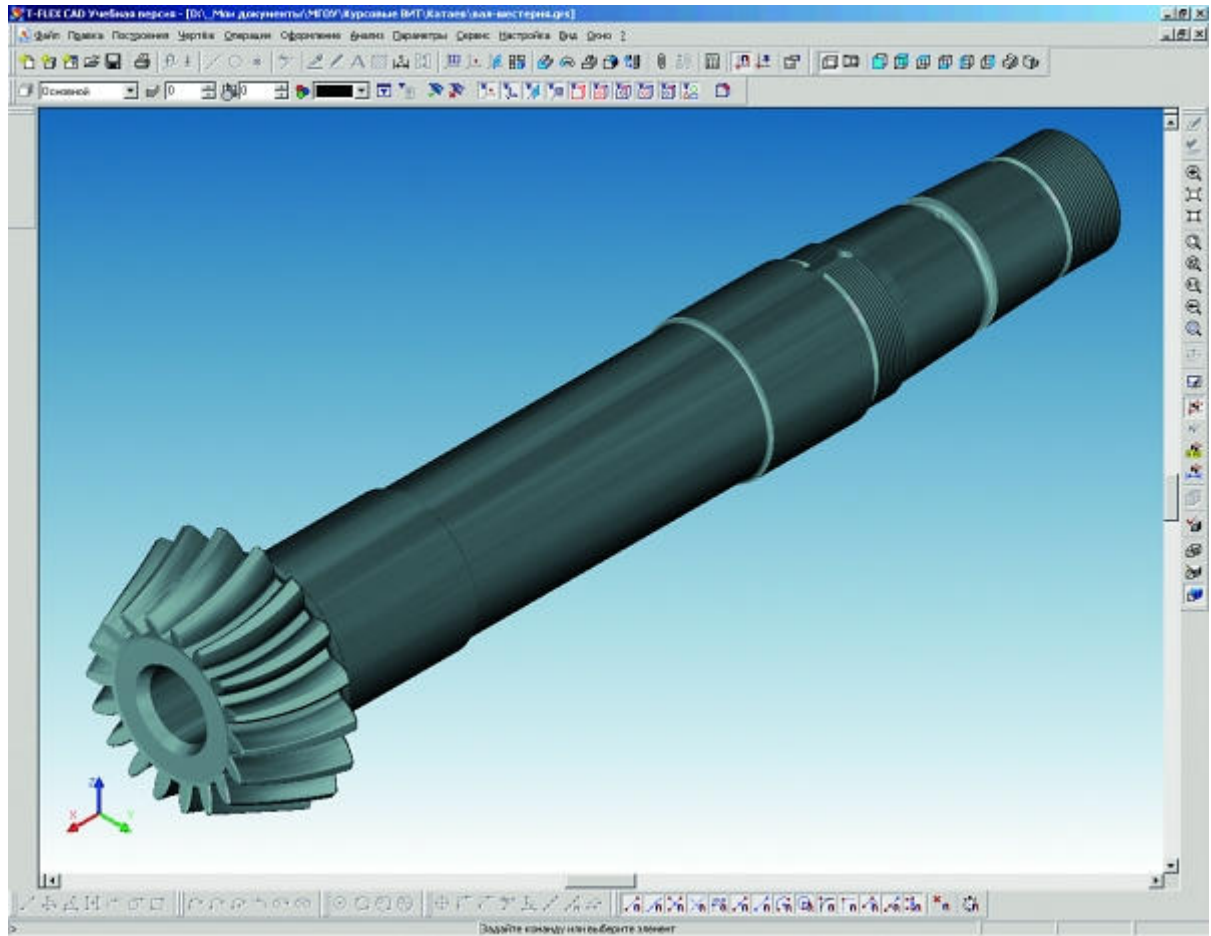
Ниже в качестве примера приведены фрагменты из нескольких курсовых проектов, выполненных в 2007-2008 учебном году с использованием деталей-представителей, изготавливаемых на Коломенском тепловозостроительном заводе.

### **Первый вариант КП (автор Валентин Катаев). Деталь-представитель – вал-шестерня ТЭП 70.85.10.107.**

В процессе проектирования выполнены следующие работы:

- создана математическая модель детали (рис. 1);
- дана математическая характеристика обрабатываемых поверхностей (рис. 2);
- произведен анализ возможностей системы T-FLEX CAD при проектировании зубчатых колес и разработке УП для токарной обработки на станках с ЧПУ. При анализе особо отмечено, что в системе предлагается большое количество заранее созданных машинных циклов токарной обработки, которые позволяют сократить объем УП и ускорить процесс ее создания. Отмечено также наличие обширной библиотеки постпроцессоров, среди которых имеется постпроцессор для выбранного станка с ЧПУ модели 16M30Ф3141;
- в существующий технологический процесс изготовления детали внесен ряд изменений, благодаря которым уменьшено время обработки, повышено качество обработанных поверхностей и снижена себестоимость детали. Это достигнуто за счет концентрации ряда операций и ввода в технологический процесс токарно-винторезного станка с ЧПУ модели 16M30Ф3141;
- определены припуски, режимы резания и технические нормы времени на операции, выполняемые на станке с ЧПУ;

- разработана УП для точения наружного контура детали и выполнена имитация ее работы (рис. 3);
- спроектировано станочное приспособление для сверления радиального отверстия (рис. 4), разработана схема базирования и выполнен расчет усилий закрепления;
- разработана программа для расчета центровочных свёрл по ГОСТ 14952-75, главное окно которой показано на рис. 4. Результатом работы программы является математическая модель конкретного сверла, формируемая в системе T-FLEX CAD (рис. 5).



**Рис. 1. Модель вала-шестерни ТЭП 70.85.10.107**

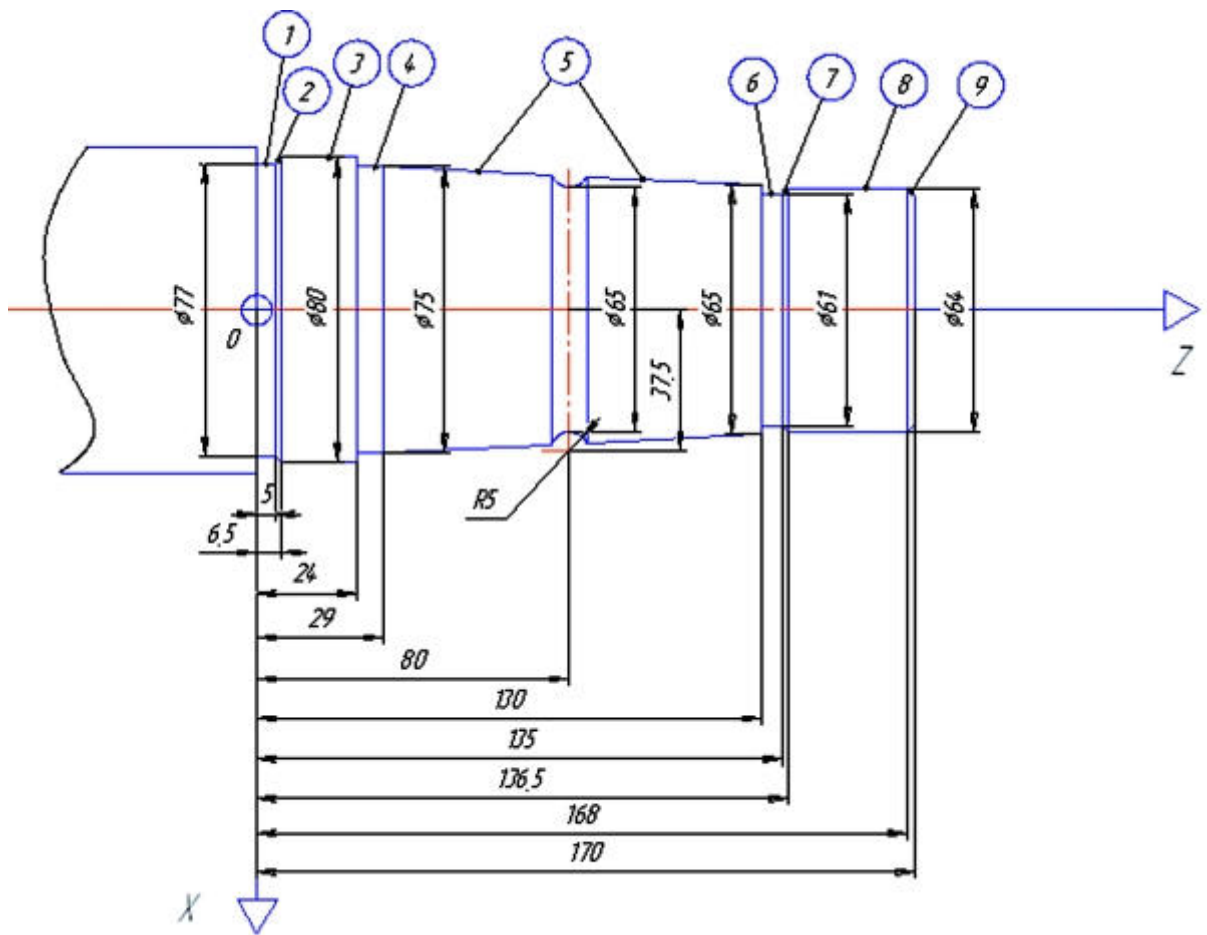


Рис. 2. Обрабатываемые поверхности

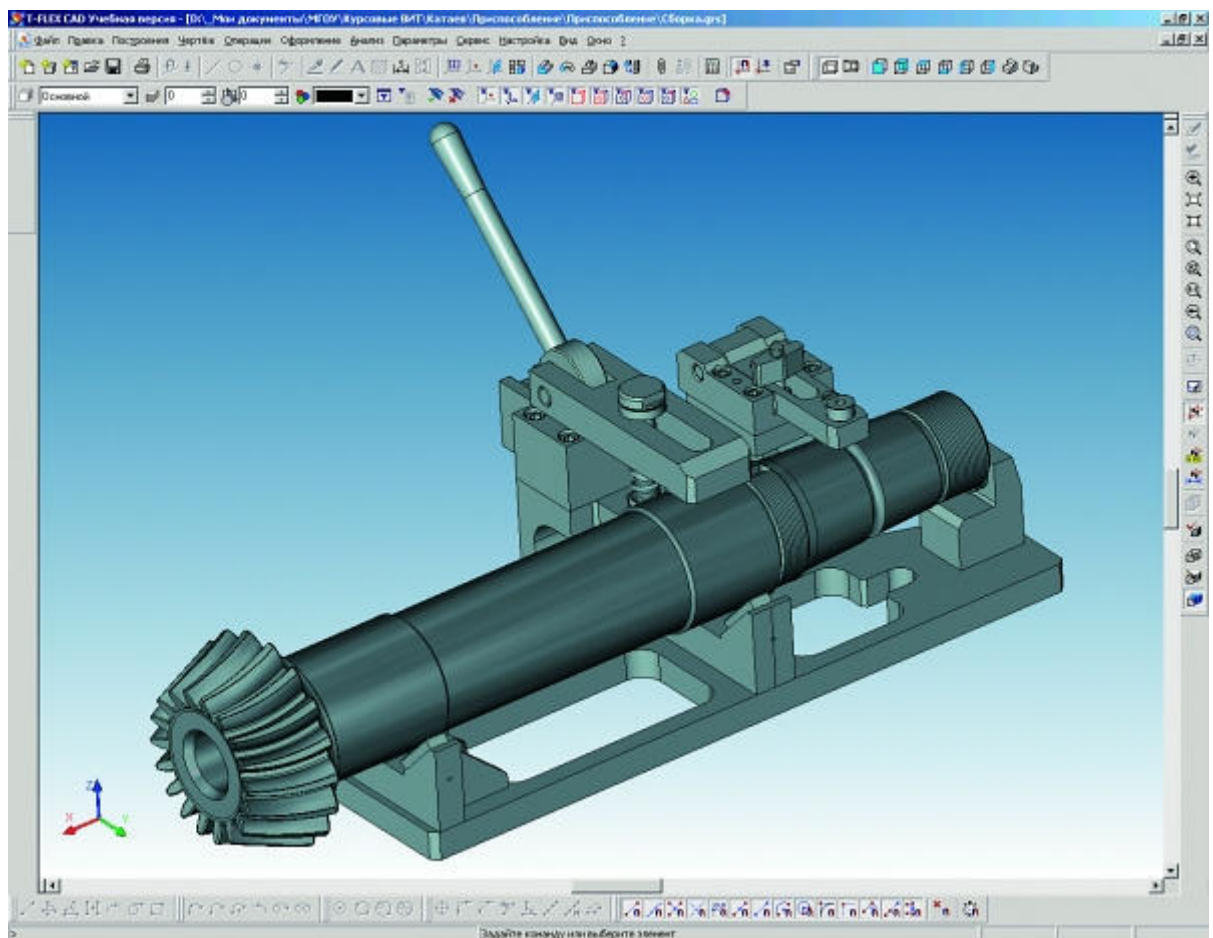


Рис. 3. Имитация токарной обработки

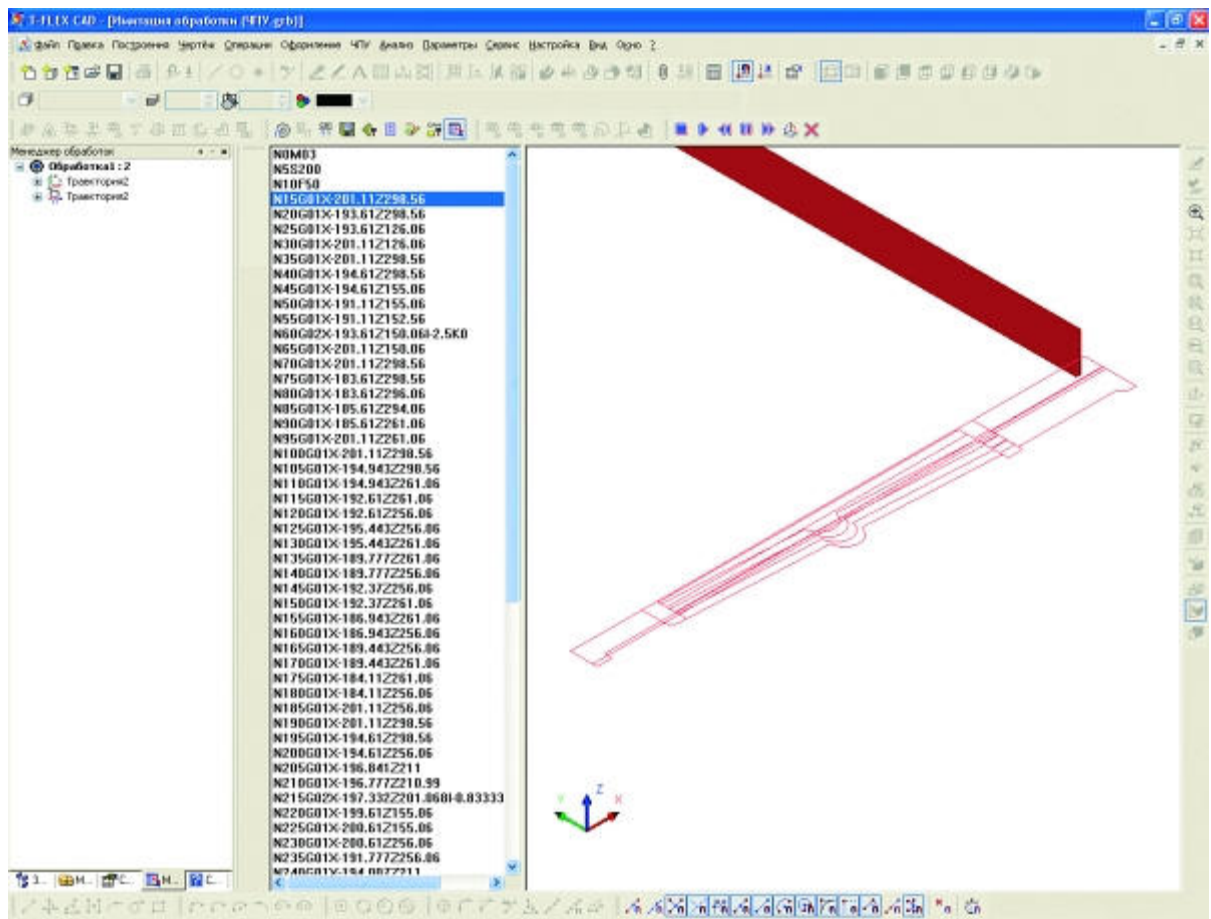


Рис. 4. Модель станочного приспособления

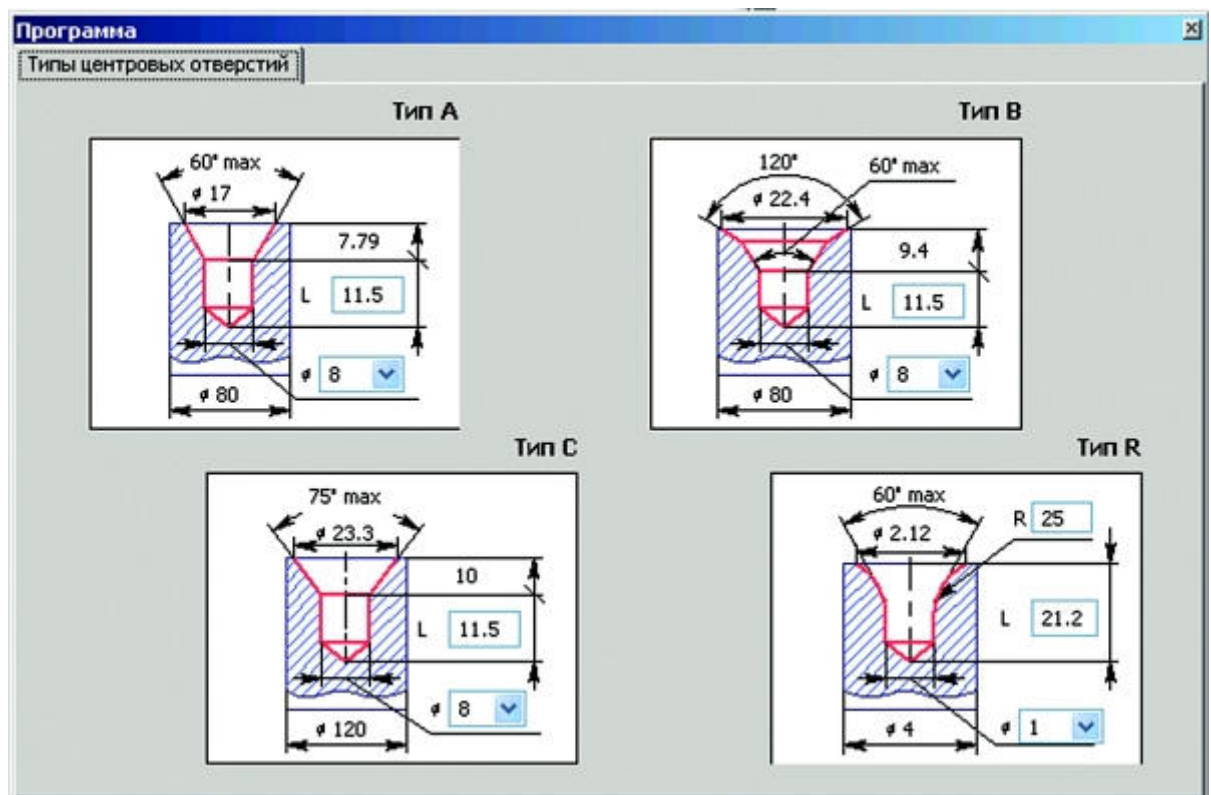
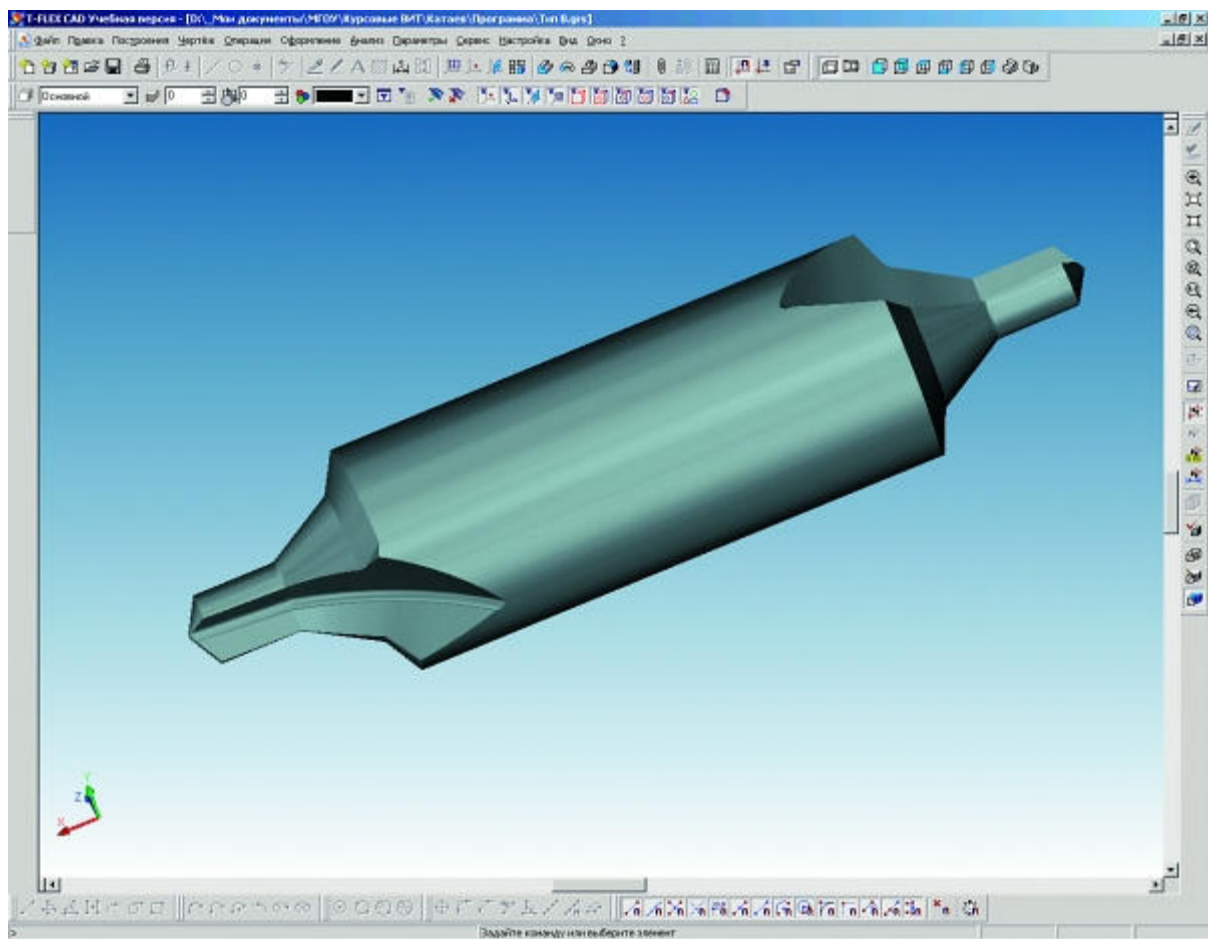


Рис. 5. Окно программы расчета центровочных сверл

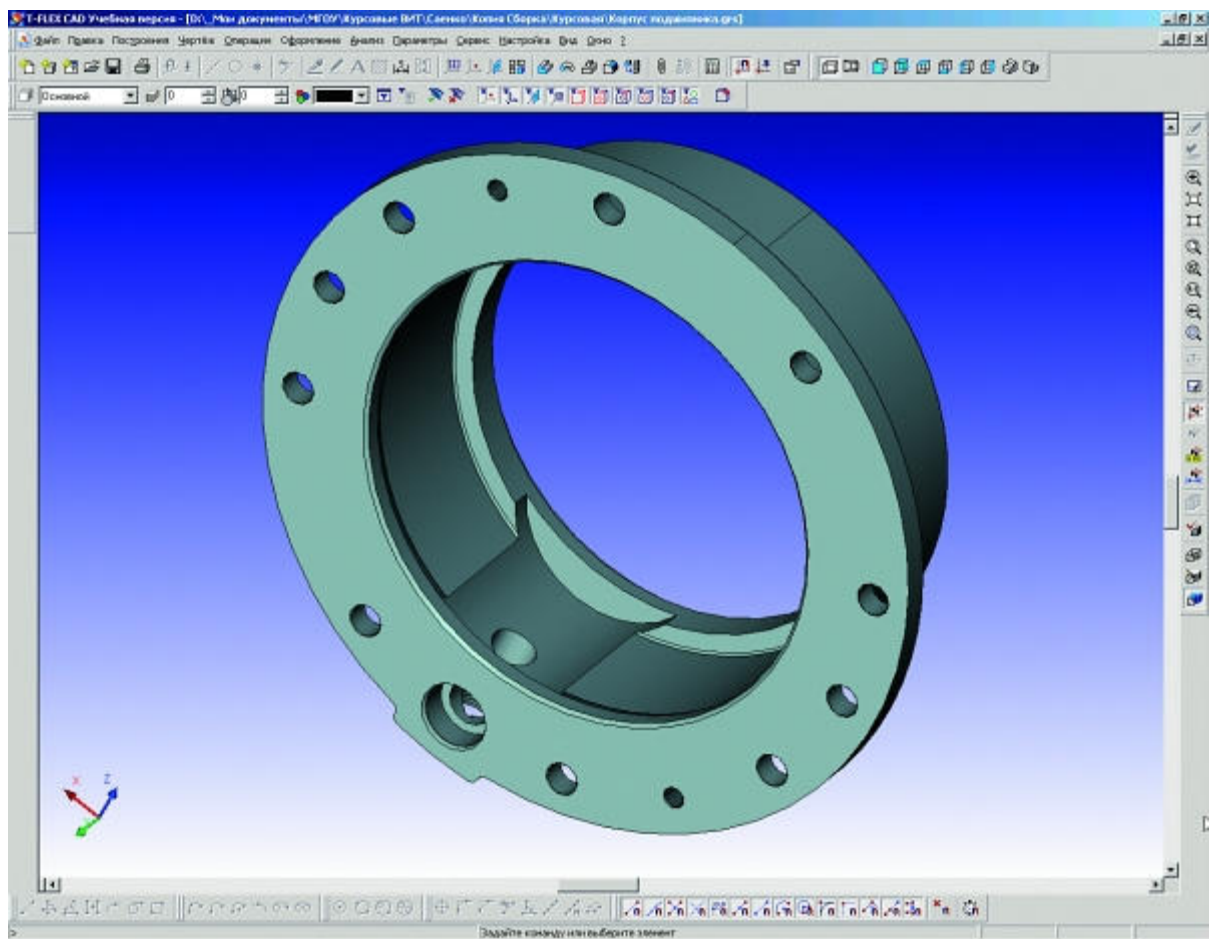


**Рис. 6. Модель центровочного сверла**

**Второй вариант КП (автор Алексей Саенко). Деталь-представитель – корпус подшипника ТЭП70.85.10105.**

В процессе проектирования выполнены следующие работы:

- создана математическая модель детали (рис. 7);
- дана математическая характеристика обрабатываемых поверхностей (рис. 8);
- произведен анализ возможностей системы T-FLEX CAD, в котором подробно рассмотрены возможности и достоинства сквозной параметризации, реализованной в системе;
- выполнен анализ существующего технологического процесса и показано, что можно сократить вспомогательное время и число операций за счет использования токарного станка с ЧПУ модели 16K20Ф3. Это также позволяет упростить конструкцию используемого приспособления, что отразится на стоимости изготовления;
- определены припуски, режимы резания и технические нормы времени на операции, выполняемые на станке с ЧПУ;
- разработана УП для обработки детали и выполнена имитация ее работы (рис. 9);
- разработана математическая модель узла, в который входит корпус подшипника (рис. 10);
- разработана программа для расчета режимов резания при продольном точении, главное окно которой показано на рис. 11. Информация о геометрических параметрах обрабатываемой детали загружается в программу из модели, созданной в системе T-FLEX CAD. Программа позволяет рассчитывать режимы резания при различных материалах обрабатываемой детали и режущей части инструмента для любой поверхности детали на любом переходе с автоматическим подбором стандартных значений скорости резания и числа оборотов шпинделя для выбранного станка.



**Рис. 7. Модель корпуса подшипника**



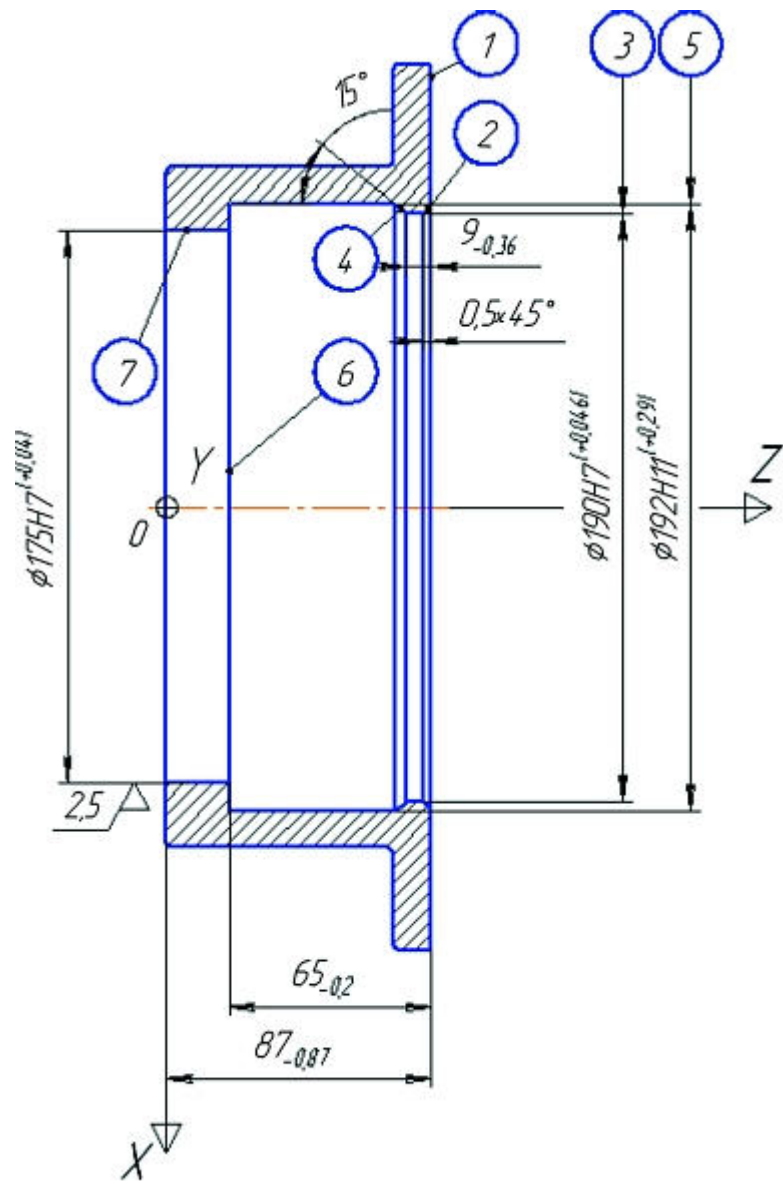


Рис. 8. Обрабатываемые поверхности

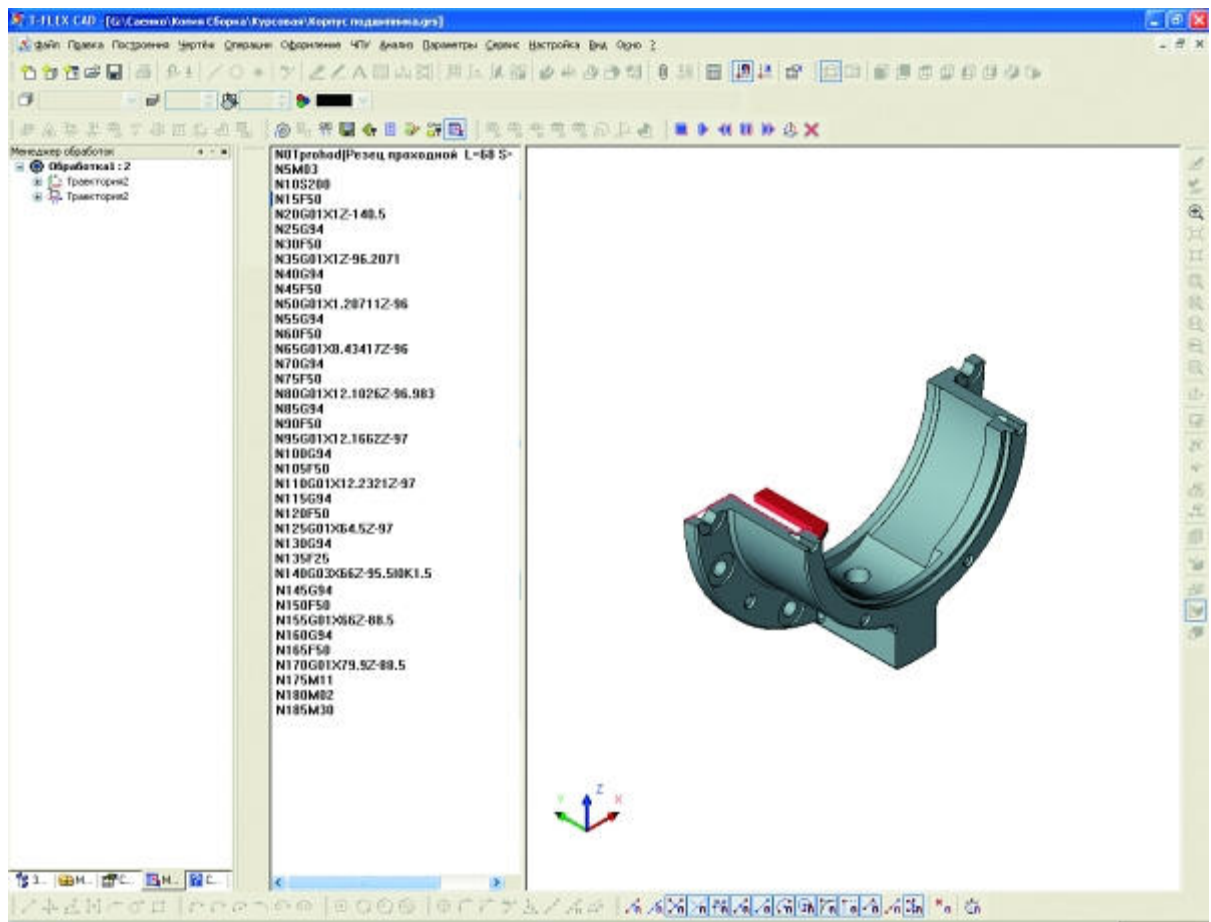


Рис. 9. Имитация обработки

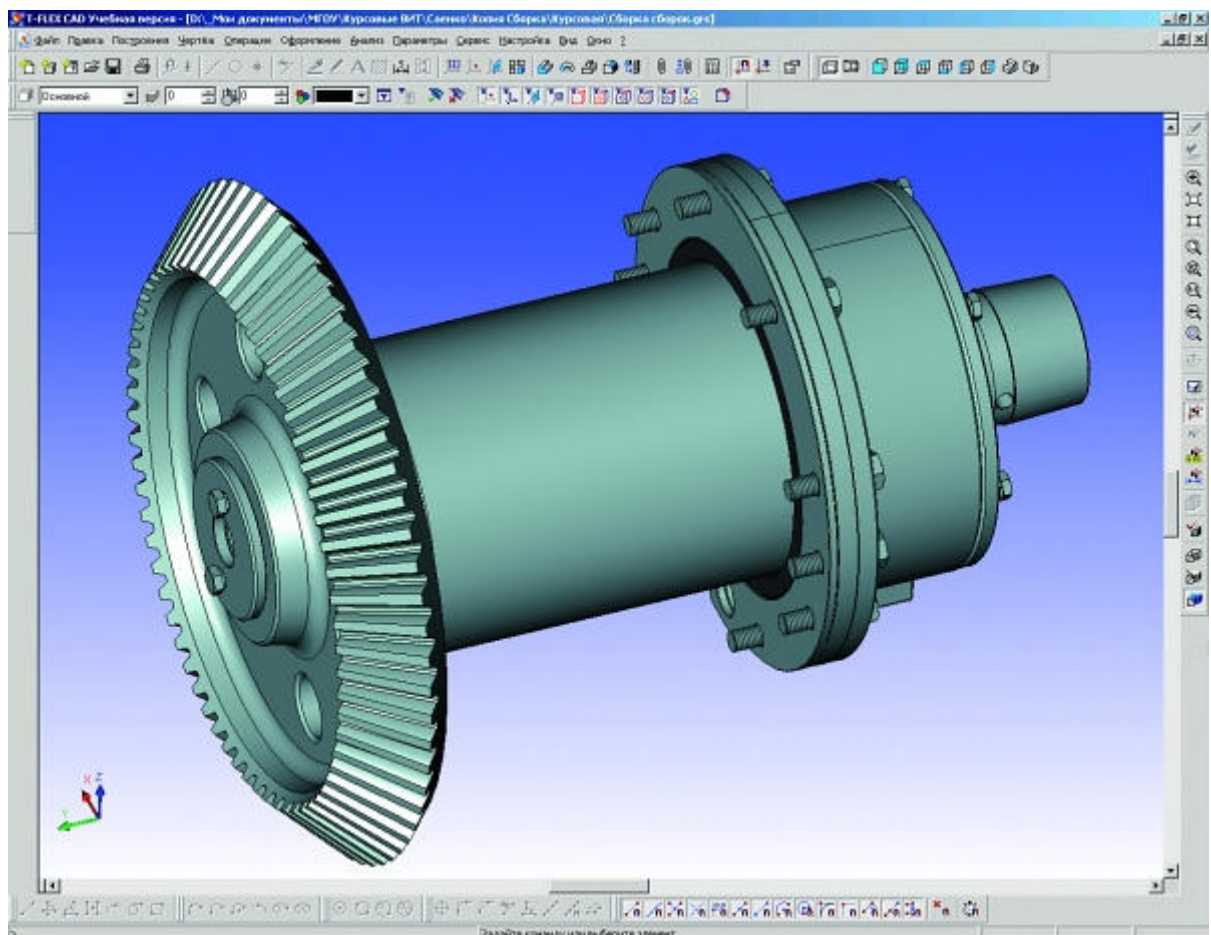


Рис. 10. Модель сборочного узла – вентилятора ТЭП70.85.10.001

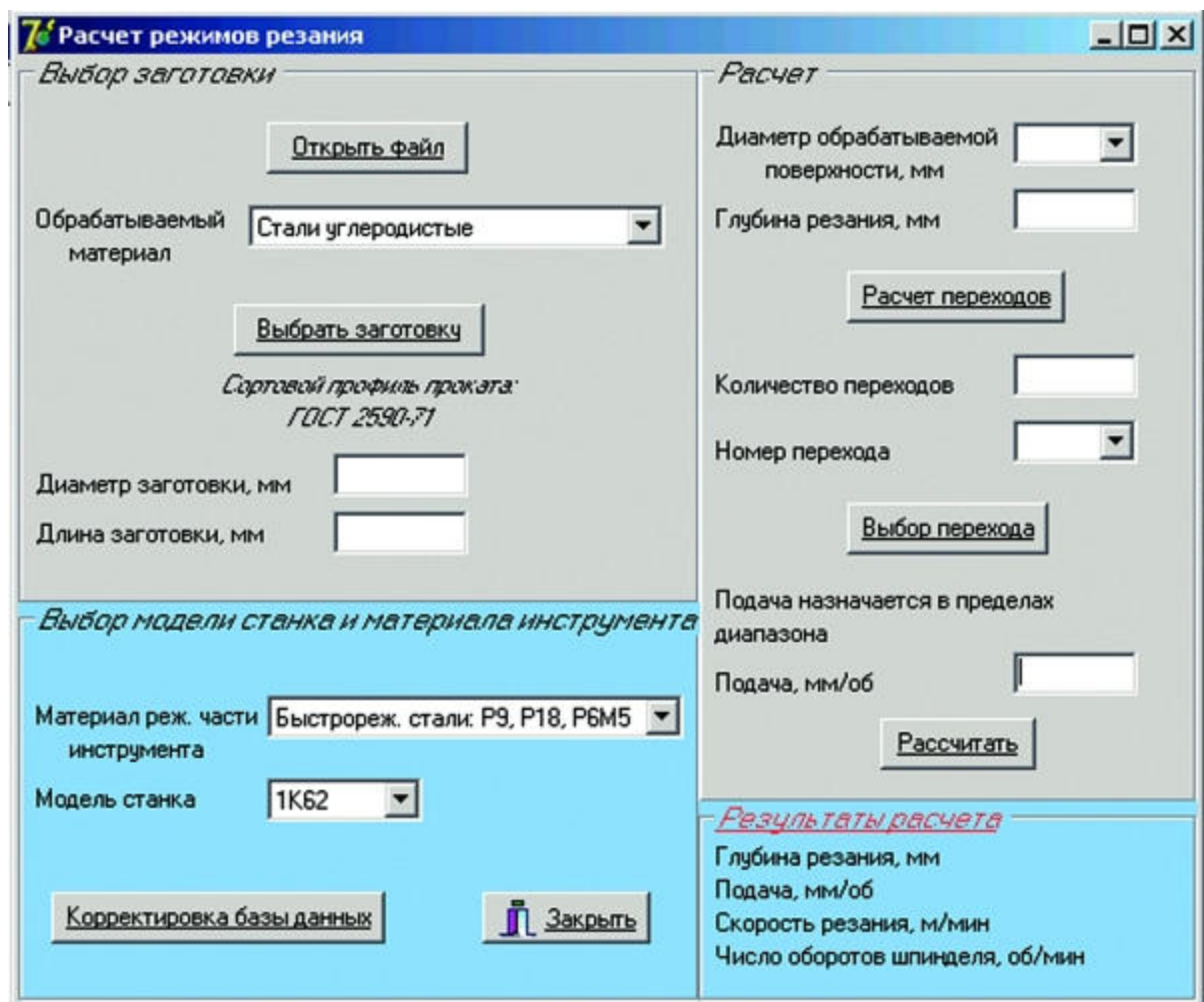


Рис. 11. Окно программы расчета режимов резания

**Третий вариант КП (автор Николай Гаврилин). Деталь-представитель – улитка газовая БТК9.03.001/002.**

В процессе проектирования выполнены следующие работы:

- создана математическая модель детали (рис. 12);
- дана математическая характеристика обрабатываемых поверхностей (рис. 13);
- произведен анализ возможностей системы T-FLEX CAD, в котором основное внимание уделено возможностям системы по моделированию геометрически сложных деталей и проектированию УП для их обработки;
- выполнен анализ существующего технологического процесса и обосновано применение станка сверлильно-фрезерно-расточного с ЧПУ модели 630VN производства АО «Стерлитамакский станкостроительный завод им. Ленина»;
- определены припуски, режимы резания и технические нормы времени на операции, выполняемые на станке с ЧПУ;
- разработана УП для обработки детали и выполнена имитация ее работы (рис. 14 – имитация фрезерования);
- спроектировано станочное приспособление для обработки данной детали с базированием по пяти опорным точкам, составлена схема базирования и рассчитаны усилия закрепления;
- разработана математическая модель узла, в который входит улитка газовая (рис. 15);
- разработана программа, позволяющая выполнить расчет дисбаланса ротора и центробежной силы инерции, а также моделирование изменения центробежной силы инерции в зависимости от изменения частоты вращения. Главное окно программы показано на рис. 16.

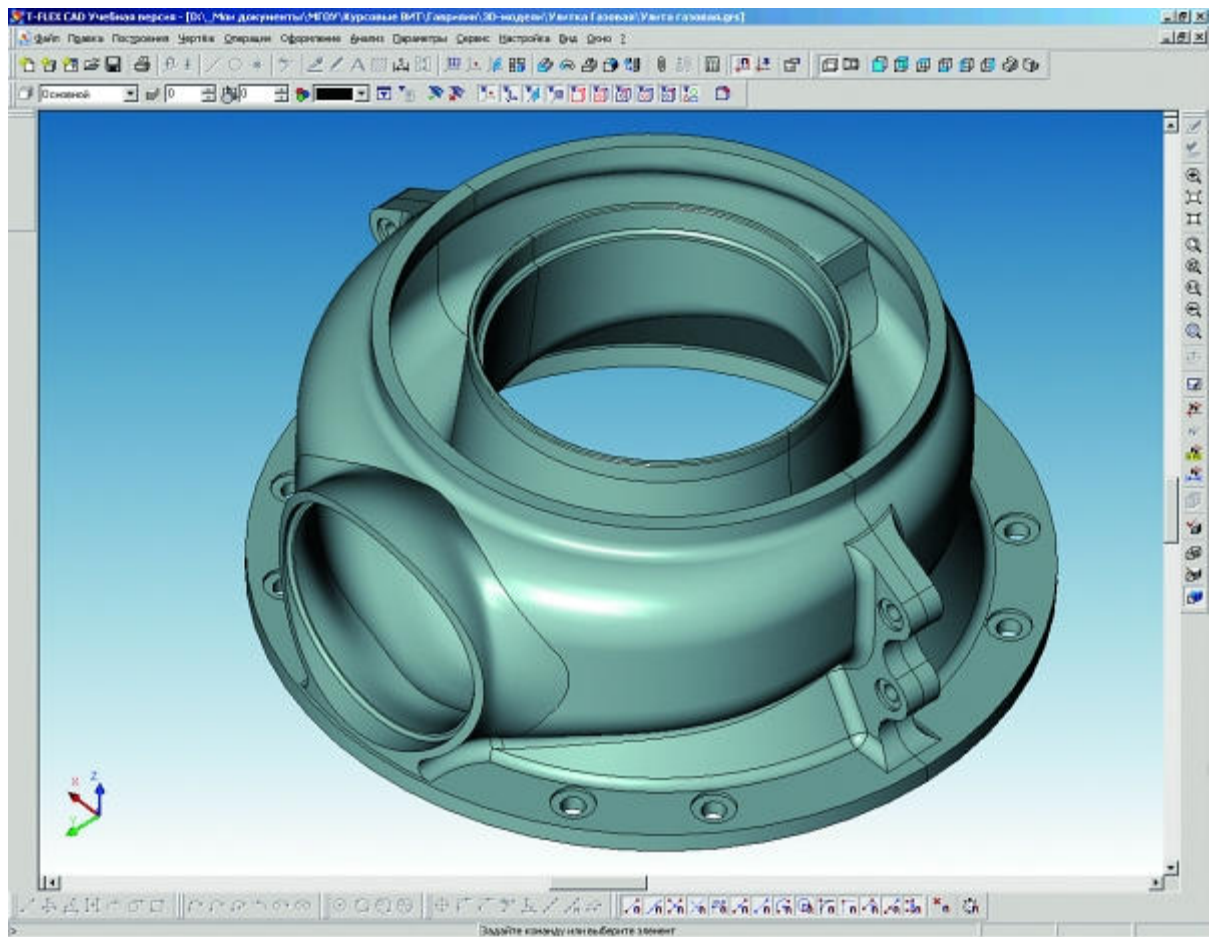


Рис. 12. Модель улитки газовой

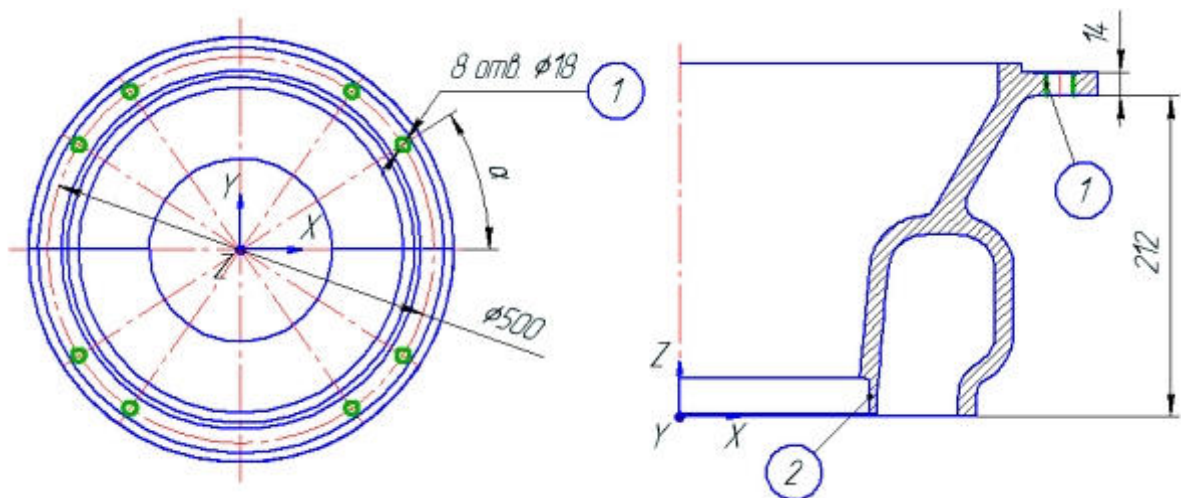


Рис. 13. Обрабатываемые поверхности

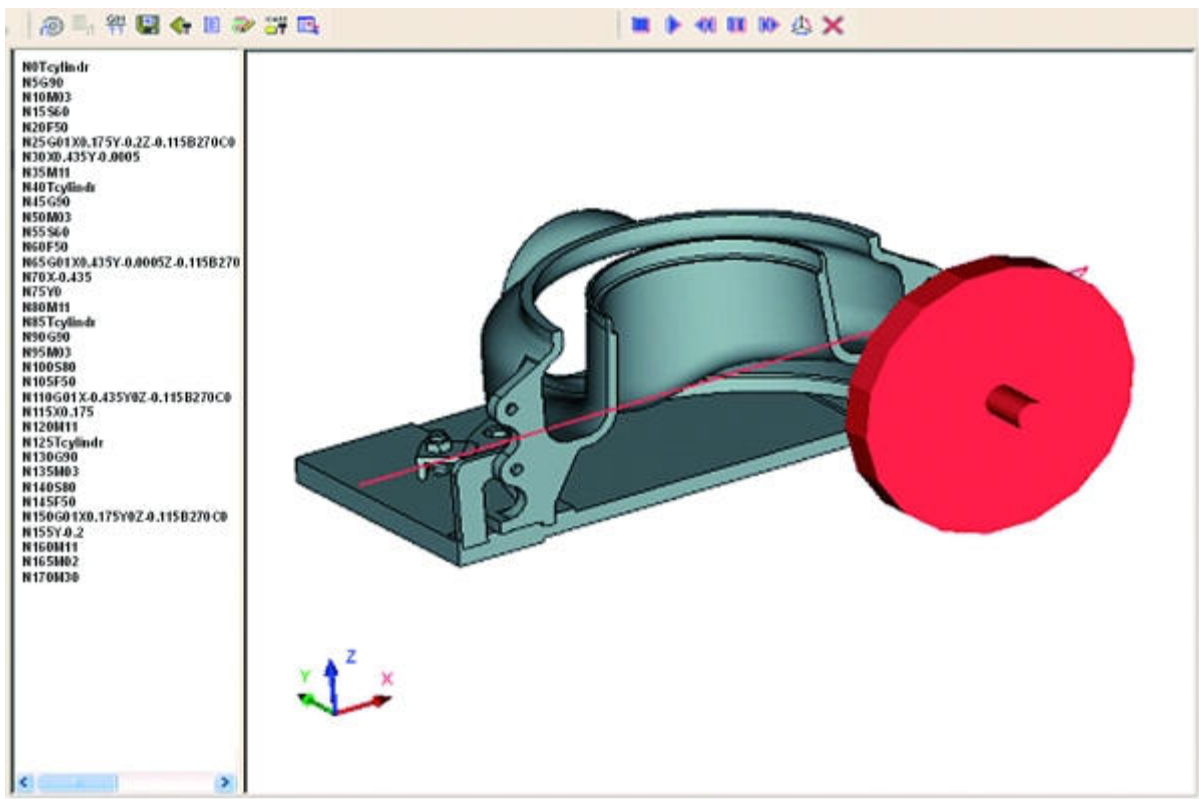


Рис. 14. Имитация фрезерной обработки

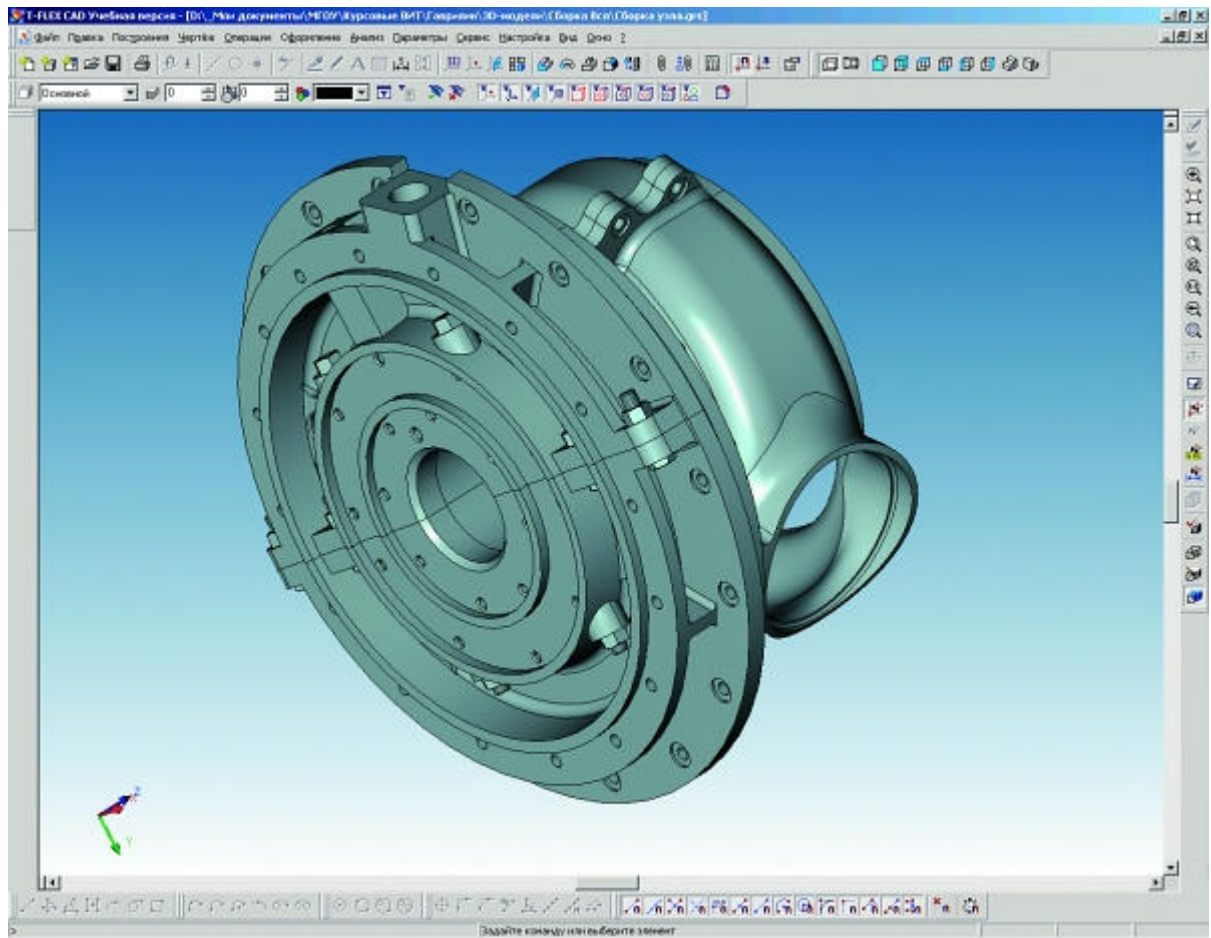
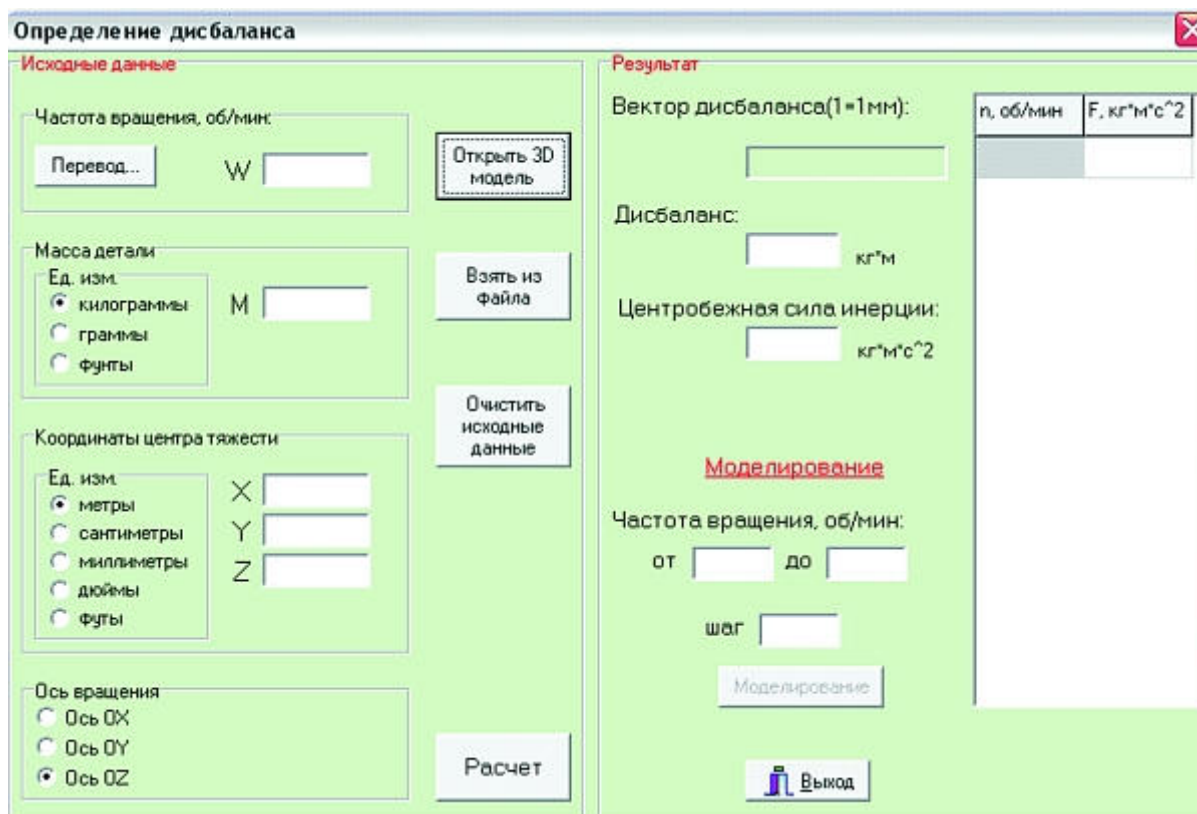


Рис. 15. Модель сборочного узла



**Рис. 16. Окно программы расчета дисбаланса ротора и центробежной силы инерции**

Как видно из приведенных примеров, курсовые проекты различаются по многим параметрам, в том числе:

- функциональному назначению деталей-представителей;
- геометрическим параметрам деталей и сборочных узлов;
- технологическим процессам изготовления;
- постановкой задачи на разработку расчетно-аналитического модуля.

Общей для всех курсовых проектах является среда автоматизированного проектирования – комплекс программ T-FLEX, и система программирования Turbo Delphi.

К 2008 году в Коломенском институте МГОУ произведено два выпуска специалистов по новой специализации. Ряд дипломных проектов получили высокую оценку на конкурсе «Зачёт», который проводится ЗАО «Топ Системы» среди студентов технического профиля. Они представлены на официальном сайте компании, в разделе "[Проекты](#)".

Первые выпуски инженеров-технологов по специализации САПР ТП подтвердили, что содержание учебного плана и методика преподавания дисциплин специализации учитывают реальные потребности предприятий региона в инженерно-технических кадрах. Однако имеются и некоторые проблемы, наиболее существенной из которых является большое разнообразие САПР, используемых на различных предприятиях. А это не позволяет в полной мере учесть пожелания работодателей к навыкам, приобретаемым студентами.

Анализ проведенной работы показал следующее:

- задачи, поставленные учебным планом, выполняются в полном объеме;
- уровень практических навыков геометрического моделирования, проектирования технологических процессов, разработки управляющих программ для станков с ЧПУ и расчетно-аналитических модулей прикладного характера является достаточным для работы в условиях современного высокоавтоматизированного производства;
- курсовое проектирование в соответствии с разработанным заданием является хорошей практической базой для последующего дипломного проектирования и адаптации выпускников на месте будущей работы.