Министерство образования и науки Российской Федерации Федеральное агентство по образованию Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Ярославский государственный технический университет Кафедра технологии машиностроения

УДК 658. 512

УТВЕРЖДАЮ Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Ю.В.Янчевский

«\_\_\_\_»\_\_\_\_2005

# ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

# к дипломному проекту

по специальности <u>151001</u> «Технология машиностроения»

# СОГЛАСОВАНО

# Консультант по охране труда <u>к.т.н., доцент Махнин А.А.</u> « » 2005

Консультант по

зкономике <u>к.э.н.,доцент Попов В.Д.</u> « » 2005

Консультант по

« » 2005

Нормоконтролер <u>к.т.н., доцент</u> <u>Калачев О.Н.</u> « » 2005

# Руководитель <u>к.т.н., доцент</u> <u>Калачев О.Н.</u> « » \_\_\_\_2005

# Проект выполнил

студ	ент гр.	MTM-56	
Ш	ебашев	<u> 3 O.C.</u>	
«	»	200	5

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ЯРОСЛАВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ Т	<u>б. Изучение структуры управляющих программ, полученных после моделирования</u> фрезерной и токарной обработки
тифедра и супология машиностроения»	7. Обазательные квалификационные расчеты: промежуточные размеры и припуски, режимы
	резания, нормы времени, оформление технологической документации
VTBEPXKIANO	10.Техника безопасности
К.Т.Н., доцент Янчевский Ю.В. бит степлить телино)	<ol> <li>Расчет экономической эффективности внедрения CAD/CAM Cimatron 5.10 на енострастоко заволе «Инститики фонке Остастиче»</li> </ol>
G'4. CTELLERS, SSARRE)	APOLIARD LADIA ARDULE VILINLINY MERL T VIMA OLARLI KAN
(Ф.И.О. подпись)	5. Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)
	1. Чертеж детали - 1 л.
3AJJAHHE Nº	<ol> <li>Операционные эскизы механообработки - 1 п.</li> </ol>
НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ	<u>З. Демонстрационные плакаты с результатами работы — 5 л</u>
	6. Экономика – 1 л.
1. Выдано студенту Шебашеву Олегу Сергеевнуу	
	<ol> <li>Консультанты по проекту с (указанием относящихся к ним разделов проекта)</li> </ol>
<ol> <li>Тема проекта (работы): Моделирование фрезерной и токарной механообработки на станках с ЧПУ</li> </ol>	По экономике – к.э.н., доцент Попов В.Д.
	По охране труда - к.э.н., доцент Махнин А.А.
утверждена приказом по университету от 🛛 👋	Контрольные проверки выполнения дипломного проекта:
	<ol> <li>27 жарта; 2. 10 апреда; 3. 24 апреда; 4. 7 мая; 5. 21 мая; 6. 3 июня.</li> </ol>
<ol> <li>Исходные данные к проекту:</li> <li>Метолические указания по липложножу проектированию.</li> </ol>	7 Нормоконтролер к.т.н. доцент Кадачев О.Н.
<ol> <li>СТП ЯГТУ. Требовання к оформлению текстовой учебной докужентации.</li> </ol>	
3. СТП ЯГТУ 701-99. Требования к оформлению графической части.	2000
4. Программное обеспечение Cimatron 5.10. Fikus WireEDM&Lathe	о. Срок сдачи законченного дипложного проекта: <u>э июна 1</u> 005 г.
<ol> <li>Задания руководителя, справочные материалы по использованием программам</li> </ol>	
<ol> <li>Публикации руховодителя, а также материалы по методическому обеспечению дисциплин.</li> </ol>	9. Дата выдачи задания. 14 февраля 2005 г
orpazennale a Internet	Pykobohitele
	(IDOJIHECE)
<ol> <li>Содержание растегно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопносов)</li> </ol>	Заданке принял к исполнению
ачирососу. 1. Введение в компьютерно-интегрированную подготовку производства, основные этапы	(подпись студента)
<ol> <li>Методы и процедуры фрезерной обработки в системе Cimatron E 5.10</li> </ol>	«14» февраля 2005 г
<ol> <li>Методика компьютерного моделирования фрезерной обработки в системе Сплантов Е 5.10</li> </ol>	
4. Возможности тохарной обработки в системе Fikus WireEDM & Lathe	
<ol><li>Методика компьютерного моделирования токарной обработки в системе Fikus WireEDM</li></ol>	

& Lathe

# РЕФЕРАТ

188 стр., 219 рис., 20 табл., 29 ист., 5 прил.

# КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА, САD/САМ, СІМАТRON Е 5.10, МОДЕЛИРОВАНИЕ ФРЕЗЕРНОЙ ОБРАБОТКИ, FIKUS WIREEDM&LATHE, МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА

В ходе выполнения данной работы было раскрыто понятие компьютерно-интегрированной подготовки производства, самостоятельно изучены CAD/CAM системы Cimatron E 5.10 и Fikus WireEDM&Lathe. Составлена классификация стратегий фрезерования, описаны возможности токарной обработки. В результате этого были продемонстрированы основные возможности этих систем применительно к компьютерноинтегрированной подготовке производства на ярославском заводе «Инструмент Форма Оснастка». Изучена структура управляющих программ для станков с числовым программным управлением, получаемых после компьютерного моделирования обработки.

Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	TMC 0201.15100	01.03	8 ДП	
Зав.каф. Норм.конт.	Янчевский́ Ю.В. Калачев О.Н.			Моделирование	Лит.	Лист З	Листов 188
Руководитель Консультант Студент	Калачев О.Н. Калачев О.Н. Шебашев О.С.			механообработки на станках с ЧПУ		Угр. М	T-55

# Содержание

Введение Исследовательская часть Обзор САД/САМ систем Обзор возможностей CAD/CAM системы Cimatron E 5.10 Постановка задачи Компьютерно-интегрированная технологическая подготовка производства Исходный вид конструкторско-технологической документации Моделирование деталей и узлов «Пресс-формы секторной» Экранная сборка «Пресс-формы секторной» Проектирование приспособления для обработки "Вкладыша" Моделирование в Cimatron E 5.10 фрезерной обработки Методы и процедуры при моделировании фрезерной обработки Примеры моделирования фрезерования типовых деталей Проектирование фрезерной обработки детали "Планка прижимная" Моделирование в Fikus WireEDM&Lathe токарной обработки Возможности программы при моделировании токарной обработки Проектирование токарной обработки детали "Корпус нижний" Выводы по исследовательской части Заключение Список использованной литературы Приложения Приложение А. Чертеж детали Приложение Б. Маршрутная карта Приложение В. Операционные эскизы Приложение Г. Перечень плакатов Приложение Д. Перечень используемых файлов

# Введение

Для восстановления могущества нашей страны необходимо постоянное ускорение темпов модернизации промышленности, требующее автоматизации производственных процессов, внедрения новых технологий, обновления производственной базы, уменьшения времени на подготовку производства с одновременным повышением ее качества. Перечисленные факторы должны дать мощный импульс для достижения важнейшей цели – инвестиционной привлекательности нашей промышленности, плоды которой в свою очередь подталкивает производство и экономику страны в целом на новый цикл развития. Но для того, чтобы добиться ожидаемых результатов в современных условиях, необходимо широкое использование информационных технологий.

Зародившаяся на Западе компьютерно-интегрированная технологическая подготовка производства (КИТПП) имеет явные преимущества по сравнению с традиционной «бумажной», культивируемой до сих пор на большинстве отечественных предприятий. Ее основные преимущества – выполнение всех проектных процедур на экране компьютера, использование пространственных моделей изделия и оснастки, передаваемым по корпоративным сетям всем участникам проекта. Программные системы типа САПР, интегрирующие работу конструкторов и технологов, получили на Западе название САD/САМ – систем.

В нашем городе одним из первых предприятий, начавших реальное внедрение компьютерных технологий с приобретения CAD/CAM Cimatron, стал завод «Инструмент-Форма-Оснастка».

ОАО "ИФО" – относительно современное предприятие широкого профиля, специализирующееся на производстве пресс-форм для вулканизации шин и формовых резинотехнических изделий, различных видов режущего и мерительного инструмента, пресс-форм для пластмасс, штамповой оснастки, декоративных изделий из металла (рисунок 1) [1]. Цеха оснащены универсальным и специальным оборудованием, в том числе станками с числовым программным управлением (ЧПУ), что позволяет заводу выпускать продукцию любой сложности.



Рисунок 1 – Основные виды выпускаемой продукции

В настоящее время на предприятии используется CAD/CAM Cimatron<sup>it</sup> v.10 и Cimatron E 5.10, а также система параметрического проектирования и черчения T-Flex CAD. Эти про-

дукты в какой-то степени позволяют выполнять компьютерно-интегрированную ТПП, но они морально очень устарели и уступают по функционалу современным программам.

В этой связи завод закупил качественно новый программный продукт – CAD/CAM Cimatron E 5.10. Эта система позволяет производить сквозное проектирование по всем этапам жизненного цикла изделия: от воплощения идеи конструктора и ее реализации, путем построения 3D модели проектируемой детали, до автоматизированного проектирования технологической оснастки и получения кода управляющей программы (УП) для обработки деталей на фрезерных, токарных, электроэрозионных станках с ЧПУ.

В данной дипломной работе поставлена задача освоения возможностей Cimatron E 5.10 на примере КИТПП изделия «пресс-форма секторная для вулканизации шин».

Необходимой базой для решения данной задачи является изучение в вузе курса «Компьютерно-графическое моделирование», а также поставка фирмой Cimatron в ЯГТУ (рисунок 2) университетской версии системы Cimatron E 5.10 на 10 рабочих мест.



Рисунок 2 – Список университетов-партнеров на официальном сайте компании Cimatron [2]

В результате самостоятельного изучения возможностей версии 5.1 системы Cimatron E 5.10 в работе представлен полный цикл компьютерно-интегрированной ТПП пресс-формы, в состав которой входят более 20 сборочных единиц, имеющих сложнейший фасонный контур, требующий высокоточной обработки на станках с ЧПУ.

В работе освещены следующие этапы компьютерно-интегрированной ТПП:

- Создание 3D-моделей деталей изделия и оснастки;
- Экранная сборка изделия и оснастки;

• Проектирование и визуализация фрезерной и токарной обработки с получением УП. Помимо исследований возможностей CAD/CAM Cimatron E 5.10 в дипломном проекте выполнено технологическое проектирование, проработаны вопросы охраны труда и техники безопасности, выполнен расчет экономической целесообразности внедрения программного продукта в производство, составляющей 19324,04 руб. в год со сроком окупаемости в 0,5 лет.

В заключении отметим, что промежуточные результаты выполненной работы в апреле с.г. были представлены на проводимом «Научно-Исследовательским Центром Автоматизированных Систем Конструирования» и МАТИ им. К.Э.Циолковского Всероссийском конкурсе «Компьютерный инжиниринг», и были помещены на электронную выставку в разделе «Курсовые проекты» (рисунок 3).

Также работа приняла участие в областном «Губернаторском» конкурсе и выбрана на рассмотрение жюри.



Рисунок 3 – Интернет-выставка отобранных жюри работ

# 1. Исследовательская часть

# 1.1 Обзор САД/САМ систем

В настоящее время, на рынке систем автоматизированного проектирования, существует большое множество различных пакетов. В России самыми известными и популярными продуктами являются:

- AUTODESK AUTOCAD
- AUTODESK MECHANICAL DESKTOP
- AUTODESK INVENTOR
- SOLID WORKS
- PRO/ENGINEER
- UNIGRAPHICS
- КОМПАС-3D
- T-FLEX CAD 3D

AutoCAD — первая получившая широкое распространение система автоматизированного проектирования (САПР) на персональных компьютерах, удерживает лидерство и до настоящего времени [9].

Графический редактор AutoCAD известен во всем мире и очень распространен в России. До сих пор многие пользователи воспринимают его как средство для выпуска чертежей. На самом деле сегодня AutoCAD является базовой САПР, которую можно использовать в самых разных целях: как электронный кульман, для создания двумерных чертежей и рисунков, как систему трехмерного моделирования.

**Mechanical Desktop** – система твердотельного и поверхностного трехмерного моделирования, проектирования сборок, создания чертежей.

Это традиционная параметрическая система, которая позволяет спроектировать изделие практически любой степени сложности. Присутствуют все инструменты проектирования деталей и сборок, свойственные последним версиям трехмерных САПР, в том числе булевы операции и комбинации из твердотельного и поверхностного моделирования, что позволяет создавать сложную геометрическую форму (NURBS-поверхности).

Однако в пакете практически не поддерживается проектирование в контексте сборки. Эта возможность, появившаяся в последних версиях САПР среднего уровня, обеспечивает создание деталей на основе уже существующих в сборке, т.е. используя их контуры, поверхности, расстояния между ними в качестве вспомогательных элементов и параметров построения. Другой недостаток – достаточно жесткие требования по количеству компонентов, входящих в модель.

Неоспоримые достоинства программы:

- конструкторские расчеты и огромная база стандартных деталей согласно 18 стандартам, среди которых есть и ГОСТ.
- большой выбор специализированных приложений и лучшие инструменты адаптации пакета (такие же, как в AUTOCAD: Lisp, VBA, C++).

Новый продукт фирмы AutoDesk – AutoDesk Inventor – предназначен для твердотельного моделирования и работы с большими сборками. Это принципиально новый программный продукт, не основанный на платформе AutoCad, ориентированный на пользователей Cad систем высокого уровня. В нем реализованы принципиально новые технологические подходы, инструменты и приемы проектирования.

Одно из лучших CAD решений предлогает американская компания SolidWorks Corporation. Созданная в 1993 году, эта фирма уже через два года, в ноябре 1995-го, выпус-

тила на базе геометрического ядра Parasolid свой первый программный продукт. Пакет твёрдотельного параметрического моделирования SolidWorks 95 сразу занял ведущие позиции среди продуктов этого класса, буквально ворвавшись в мировую "табель о рангах" систем CAD [7].

К середине 90-х годов многие конструкторы и технологи во всём мире практически одновременно пришли к одинаковому выводу – для того, чтобы повысить эффективность своего труда и качество разрабатываемой продукции, необходимо срочно переходить от работы в смешанной среде двумерной графики и трёхмерного моделирования к использованию объёмных моделей, в качестве основных объектов проектирования.

Создатели системы SolidWorks учли все эти требования, и, таким образом, дали возможность десяткам тысяч конструкторов использовать на своих персональных рабочих местах новейшие достижения науки в области технологий САD.

**SolidCAM** 2000 v.7 - новый программный пакет компании CADTECH ltd. - мощный инструмент получения управляющих программ для станков с ЧПУ при обработке деталей, содержащих сложную поверхностную или твердотельную геометрию. SOLIDCAM обеспечивает 2.5 и 3-осевую фрезерную обработку с гарантированным отсутствием "подрезов", токарную обработку тел вращения, визуализацию процесса резания с имитацией удаления материала. Новая версия реализует возможности 4- и 5-осевой фрезерной обработки и дополнена соответствующими многоосевыми постпроцессорами.

SOLIDCAM базируется на ядре геометрического моделирования ACIS и является идеальным САМ-приложением для САD-систем, которые имеют в основе математику ACIS (Autodesk Inventor, MDT, AutoCAD). Кроме этого, входными форматами для SOLIDCAM могуть быть VDA-FS или IGES. SOLIDCAM 2000 имеет собственные мощные средства для создания и редактирования математических моделей (Base Modeler), что дает инженерутехнологу необходимый набор инструментов на его рабочем месте. Модели могут быть созданы комбинацией твердотельных примитивов и NURBS-поверхностей. Новая версия SOLIDCAM 2000 интегрирована в САПР системы Autodesk Mechanical Desktop и AutoCAD в виде ARX-приложения и позволяет обрабатывать создаваемые в этих пакетах модели в единой интегрированной среде. SOLIDCAM 2000 предлагает широкий выбор стратегий черновой, получистовой и чистовой механобработки как отдельных поверхностей, так и сложных твердотельных моделей. При обработке поверхностных моделей алгоритмы генерации траектории инструмента допускают наличие локальных разрывов или перекрытий отдельных поверхностей. Информация по каждой операции (обрабатываемая геометрия, инструмент, параметры резания и т.д.) сохраняется и в любой момент может быть изменена с пересчетом управляющей программы.

Визуализация траектории инструмента возможна в "проволочном" представлении с покадровым перемещением фрезы, либо в полутоновой заливке с имитацией удаления материала, при этом конфигурация заготовки может быть произвольной. Для каждого кадра управляющей программы выводятся сведения о режимах резания и времени обработки.

Модуль токарной обработки позволяет программировать продольные и поперечные перемещения резца при обработке внешних и внутренних контуров тел вращения. Исходной информацией является контур детали, контур заготовки, положение кулачков патрона, геометрии резца. Генератор постпроцессоров обеспечивает подготовку управляющих программ для любых станков отечественного и зарубежного производства.

Рагатетіс Technology Corporation (РТС) является одной из крупнейших в мире компаний, разрабатывающих CAD/CAM/CAE-системы "высокого" уровня [8]. Структура **Pro/Engineer** позволяет подобрать оптимальную конфигурацию системы из нескольких десятков имеющихся сегодня специализированных функциональных модулей. Среди них Pro/Animate (фотореалистическая анимация), Pro/Designer (быстрая проработка концептуального дизайна изделия), Pro/Detail (создание рабочих чертежей), Pro/Develop (средства создания дополнительных модулей), Pro/Interface (обмен данными с другими CAD-системами), Pro/Mesh (генерация сетки конечных элементов), Pro/Manufacturing (генерация ЧПУ-программ обработки изделия) и многие другие.

Принцип моделирования пространственной геометрии любой сложности основан на постепенном усложнении, а начинается все с двумерного эскиза, в котором конструктор намечает примерную базовую конфигурацию будущей детали и ее схему образмеривания. После того как примерный эскиз детали создан, его можно преобразовать в трехмерный, с помощью операций двух типов: создать и удалить объем.

Компоновка сборки производится путем размещения любых деталей и подсборок, для чего используются простые команды, такие как "совместить", "выровнять" и "вложить". В процессе сборки оказывается полезным использовать отдельное окно иерархического дерева сборки, с помощью которого возможен выбор компонентов и их реорганизация. Быстрая и качественная визуализация больших сборок основывается на создании упрощенных представлений сборки, либо на использовании фотореализма и навигации (программа NayThrough) которые включают, исключают или заменяют компоненты. Эти упрощения определяются индивидуально для сборки, либо автоматически (на лету) самой системой.

Непосредственно в ходе сборки можно изменять размеры деталей, создавать и модифицировать базовые плоскости, систему координат и расположение сечений. При необходимости к исходным компонентам добавляются параметрические сборочные фичерсы, представляющие собой операции механообработки (например сверление, фрезерование, пазы и т. д.), которые должны выполняться после сборки компонентов. Сборка сохраняет параметрические свойства входящих в нее деталей и, кроме того, для определения размеров, формы и расположения детали могут вводиться зависимости от параметров других компонентов.

Любую сборку можно проверить на "собираемость", причем возможны два режима контроля: проверка на взаимопроникновение деталей или подсборок друг в друга и проверка на зазоры между деталями (контроль совместимости допусков/посадок). Аппарат анализа сборок включает также автоматическую разборку, получение инженерной информации, спецификаций, ссылочных размеров и массо-инерционных характеристик сборки.

Типовое проектирование поддерживается понятием семейства сборок, в котором детали различного размера и формы комбинируются для разработки серий или семейств изделий. Для семейства создается таблица, которая будет служить обобщенной сборкой или шаблоном компонентов. На основе таблиц производится автоматическое замещение одной детали на другую в сборке, замещение устаревшей детали, внесение изменений в конструкцию. Такой аппарат дает способ быстрой разработки набора узлов, отличающихся компонентами.

Система CAD/CAM/CAE компании Unigraphics Solutions – система современных средств трехмерного моделирования, формирования сложных сборок, электронного макетирования, воплощения визуальных проектов в реальное изделие [6]. Она содержит в себе технологию, ориентированную на процессы производства сложных изделий (автомобилей, самолетов, медицинских протезов и инструментов). Unigraphics предоставляет компаниям возможность строить полную цифровую модель будущего изделия, необходимую для проектирования и конструирования, инженерного анализа и изготовления.

Базовый модуль GATEWAY обеспечивает доступ к базе данных, просмотр частей и выполнение функций, общих для остальных модулей: управление видами, закраска, получение изображения с удалением невидимых линий, компоновка видов, управление слоями. Модуль открывает и создает файлы UG, а также обеспечивает импорт/экспорт файлов в формате Parasolid. Модуль отвечает за создание макрокоманд, настройку меню, управление процессом черчения. В него включена встроенная система подсказок и связь с электронной таблицей.

Модуль SolidModeling содержит такие основные функции, как проектирование кривых, эскизов и твердотельных примитивов, базовые операции над твердыми телами, построение твердых тел вращением и переносом контура, булевские операции над твердым телом, сшивание твердых тел с автоматическим сохранением параметров построения и ассоциативной связи между геометрическими объектами. В модуль входят все функции по просмотру дерева построения модели и редактирования геометрии. Модуль является самым мощным инст-

рументом гибридного твердотельного моделирования. Он дает возможность работать как с традиционной, так и с параметрической геометрией.

Модуль Feature Modeling содержит дополнительный, ориентированный на конструктора набор операций твердотельного моделирования. Основные функции - создание типовых форм (отверстий, карманов, втулок, прямоугольных выступов, пазов), определение ссылочных плоскостей и осей на твердом теле, построение тел типа «труба» с произвольным сечением, построение тонкостенного тела из тела сплошного объема, создание фасок и скруглений с переменным радиусом, использование типовых элементов формы.

Технология WAVE является базой для параметрического моделирования изделия любой сложности. Механизм управляемой ассоциативной связи между геометрическими моделями дает возможность объединить концептуальное проектирование и детальное конструирование таким образом, чтобы изменения на концептуальном уровне автоматически отражались бы на уровне не только отдельных деталей, но и вторичных технологических моделях. Вы можете создать «концептуальный» шаблон, который принято называть управляющей структурой, определяющий наиболее существенные параметры изделия, от которых зависят его функциональные характеристики.

UG/Assembly Modeling сборки обеспечивает создание сборочной модели как сверху вниз, так и снизу вверх. Архитектура модуля дает возможность создать сборку любой глубины вложенности, состоящую из неограниченного количества компонентов. Система гарантирует целостность описания каждой отдельной компоненты и всей сборки в процессе параллельного проектирования, обеспечивая тем самым эффективную групповую работу над сборкой. Концепция мастер модели и проектирования в контексте сборки дают возможность работать над деталью, наблюдая всю сборку и используя ее геометрию. Модуль имеет удобный графический навигатор, функции изменения способа изображения компоненты в сборке. Вместе со сборкой автоматически создается и ее спецификация. Дополнительный модуль сборки UG/Advanced Assemblies содержит функции, необходимые при работе с большими сборками, содержащими десятки тысяч компонентов. Можно контролировать загрузку компонента при открытии сборок. Использование фильтров по атрибутам, именам компонент и их пространственному положению дает возможность работать только с теми узлами и деталями сборок, которые интересны вам в данный момент. Модуль выполняет автоматический анализ зазоров между компонентами сборки, весовой анализ, построение разнесенных видов, поддерживает построение и управление упрощенными представлениями геометрии компонент сборок.

С помощью модуля Drafting можно легко создать любой чертеж на базе существующей 3х мерной геометрической модели твердого тела, проволочной модели и эскиза. Модуль содержит большое количество разнообразных функций, направленных на облегчение создания чертежа любой степени сложности по любым стандартам. Полная ассоциативная связь чертежа с геометрической моделью позволяет всегда иметь чертеж, точно соответствующий геометрической модели. геометрические отклонения), автоматическое создание спецификации, удобные функции задания и редактирования текста. Модуль поддерживает стандарты ГОСТ и ЕСКД.

UG/CAM Base - это базовый модуль разработки управляющих программ для станков с ЧПУ. Модуль обеспечивает доступ ко всем типам операций. Модуль обеспечивает пользователю доступ к конфигурации процессов обработки и интерфейса пользователя, что позволяет оптимально настроить систему на решение типовых задач пользователя. Модуль предоставляет пользователю доступ к библиотекам инструмента, материалов детали, режимов резания и т.д. Это позволяет значительно сократить время на планирование технологического процесса обработки и разработку управляющих программ.

Модуль Turning токарной обработки UG/Turning расширяет и объединяет основные операции токарной обработки. Это дает более мощные функциональные возможности для черновой обработки, чистовой обработки, проточки канавок, нарезания резьб и сверления на токарном станке. В этом модуле пользователь может автоматически определить область обработки для черновых и чистовых операций, что позволит получить результат быстрее, особенно при выполнении последовательных операций. Модуль предлагает возможности анимации типа отображения съема материала в процессе воспроизведения операции и выводе на экран 3-х мерной заготовки в процессе обработки.

Модуль UG/Wire EDM обеспечивает обработку деталей проволокой в режиме 2-х и 4-х осей. Все операции сохраняют ассоциативность при редактировании и обновлении модели. Предлагаются различные виды операций, например, наружная и внутренняя обработка с множеством проходов и обработка с полным сжиганием материала. Также поддерживаются траектории, учитывающие расположение прижимов на заготовке, различные типы проволоки и режима работы генератора. Пользователи могут применять инвариантный постпроцессор для подготовки данных для конкретного станка. Модуль UG/Wire EDM поддерживает все популярные электроэррозионные станки.

Модуль Planar Milling применяется при производстве пресс-форм и штампов. Он обеспечивает все возможности для плоского фрезерования. Этот тип операции в основном используется для предварительного удаления материала с целью подготовки детали к дальнейшей чистовой обработке с использованием операций фрезерования областей. Плоское фрезерование применяется для деталей имеющих вертикальные стенки, плоские острова.

Модуль Fixed-Axis Milling предлагает большой набор средств получения траекторий для 3-осевой фрезерной обработки. Возможна обработка практически любых смоделированных тел или поверхностей. Модуль имеет интеллектуальные функции выбора области обработки. Он обеспечивает использование множества методов и шаблонов обработки, включая обработку по границам, радиальную, концентрические окружности, зигзаг вдоль заданной траектории, спиральную и произвольную обработку. Кроме того, имеются методы контроля режимов резания при перемещении инструмента вверх и вниз, а также по спирали. Модуль может определить и сохранить границы необработанных областей.

Модуль Variable-Axis Milling имеет те же самые возможности, что и предыдущий модуль, но кроме этого он обеспечивает полную свободу в пространственной ориентации оси инструмента, т.е. выполняет полную 5-осевую обработку. Предусмотрена возможность задания ориентации оси инструмента с использованием параметров поверхности, дополнительной геометрии и геометрии, задающей траекторию резания. Модуль обеспечивает обработку поверхности детали с высоким качеством, обработать полость с заданной точностью. Этот модуль позволяет практически полностью автоматизировать процесс черновой обработки матриц и пуансонов.

Модуль Graphical Tool Path Editor используется для редактирования траектории обработки в интерактивном графическом режиме. Редактор затем показывает изменения в обрабатывающей программе. Модуль может показывать движение инструмента на всей траектории или выбранном участке, позволяя контролировать скорость изображения и направление движения. Есть функции, которые обеспечивают растягивание траектории или обрезку траектории до определенных границ (струбцина, зажимное приспособление или выемка на самой детали).

Модуль Visualize позволяет наблюдать за инструментом во время его движения по обрабатываемой детали. В процессе генерации траектории инструмента часто необходимо иметь возможность проверить, что инструмент правильно удаляет материал заготовки. Также важно знать, что инструмент в процессе обработки не зарезает конечную деталь. Модуль САМ Visualize предоставляет вам несколько таких возможностей, обеспечивает графическую обратную связь и проверяет правильность сгенерированной траектории инструмента (несколько траекторий или настроек).

Модуль Post Builder является интерактивной средой для создания постпроцессора для любого типа станка и любого известного типа управляющих стоек на базе инвариантного описания постпроцессора, заложенного в систему, в котором учитываются все нюансы кинематики и управления современных станков с ЧПУ. Модуль Post Execute используется для преобразования исходной программы обработки в формате CLSF в программу станка с использованием постпроцессора, написанного с помо-

щью модуля Post Builder. Такой подход исключает их традиционное программирование. Программа постпроцессора создается в виде исходного текста на языке TCL. Это открывает широкие возможности по внесению в постпроцессор любых уникальных изменений, если это необходимо.

**КОМПАС-3D** - новый модуль известного программного комплекса. Осенью 1999 года компания "ACKOH", на протяжении уже целого десятилетия известная как поставщик чертежно-графического редактора КОМПАС-ГРАФИК и семейства продуктов под маркой КОМПАС, выпускает на рынок свою систему твердотельного трехмерного моделирования КОМПАС-3D [10].

Ввиду сравнительно невысокой цены КОМПАС-3D его можно рекомендовать для эксплуатации в комплексе с "тяжелыми" и "средними" САПР (например, с пакетом SolidWorks). Подготовленные в КОМПАС-3D модели деталей можно затем передать в смежную систему для последующей их сборки.

В сентябре 2000 года компания Аскон объявила о выпуске очередной версии системы трехмерного твердотельного моделирования КОМПАС-3D. Как и было запланировано, основным новшеством версии 5.10 стало появление в КОМПАС-3D средств моделирования сборок.

Сборка является новым типом документа КОМПАС. Принципы моделирования сборки позволяют пользователю получить объемную модель изделия в целом, с учетом всей его структуры. Преимущества объемного моделирования сборок особенно ярко проявляются при проектировании "сверху вниз", когда модель детали создается на основе уже имеющейся обстановки; однако возможно и сборка изделия из полностью готовых деталей (проектирование "снизу вверх").

Также следует отметить, что копания «Аскон» выпустила и развивает САМ систему Гемма-3D. Продукт довольно быстро развивается, соответствует основным требованиям, предъявляемым к САМ системам.

Для создания трехмерной модели проектируемого изделия фирма "Топ Системы" предлагает систему параметрического трехмерного твердотельного моделирования T-FLEX CAD 3D, которая является закономерным развитием системы **T-FLEX** CAD 2D и включает в себя все ее возможности [11].

T-FLEX CAD 3D построена на геометрическом ядре Parasolid фирмы Unigraphics Solutions, которое сегодня считается лучшим ядром для трехмерного твердотельного моделирования. Это ядро используется в ведущих системах 3D моделирования.

Моделирование в T-FLEX CAD 3D может осуществляться как непосредственно в 3D пространстве, так и на основе данных двумерного чертежа. Проектировщик может выбрать любой способ работы в T-FLEX CAD 3D или их комбинацию: от трехмерной модели к чертежам изделия, от двухмерного чертежа к трехмерной модели.

# 1.2 Обзор возможностей CAD/CAM системы Cimatron E 5.10

Система *Cimatron E 5.10*, разработанная компанией Cimatron Ltd., принадлежит к классу CAD/CAM-систем нового поколения [4]. Она ориентирована как на решение отдельных производственных задач, так и на комплексную автоматизацию процессов конструкторскотехнологической подготовки производства. В *Cimatron E 5.10* аккумулированы новейшие идеи в области CAD/CAM-технологий и многолетний опыт, накопленный в мире при эксплуатации системы Cimatron<sup>it</sup>.

Лозунг, под которым вышла эта система, указывает на большой круг решаемых производственных задач: проектирование специального оборудования, сложной формообразующей оснастки, других средств технологического оснащения, разработка управляющих программ для оборудования с ЧПУ. Концентрация внимания ведущего мирового разработчика автоматизированных систем на сфере подготовки производства новых изделий чрезвычайно важна для отечественной промышленности. Огромные объемы технической документации, необходимость постоянного совершенствования изделий приводят к значительному увеличению количества инженерных изменений и сроков их проведения. В ряде отраслей это зачастую приводит к тому, что сроки проектирования и подготовки производства превышают срок жизни изделия.

Ключевое значение для ускорения подготовки производства имеет высокая производительность решения специалистами своих задач - от приема исходных данных до сдачи работы при одновременно высоком качестве предлагаемых решений. При этом главными требованиями специалистов, занятых в сфере проектирования и изготовления сложной оснастки, являются: возможность работы с недостаточно корректными (поврежденными) исходными данными, организация инженерных данных, наличие специализированных приложений для решения задач проектирования.

Сітатоп Е 5.10 разрабатывалась как система, обладающая твердотельной и поверхностной функциональностью. Ее архитектуру можно представить в виде иерархических уровней. Первый уровень образуют средства отображения графики, организации графического пользовательского интерфейса, внутрисистемного взаимодействия программных компонентов, хранения и управления данными. Второй уровень образуют базовые комплексы функций, обеспечивающие работу основных подсистем - работа с геометрией, линеаризация, 2D/3Dрешатель, черчение, разработка программ для ЧПУ. К этому уровню напрямую обращаются модули обмена данными с другими системами. Далее идут наборы функций, образующие соответствующие среды работы специалистов - Моделирование, Черчение, ЧПУ. К каждой среде подключаются специализированные функции - например, функции комплекса Quick Tooling (проектирование пресс-форм, штампов, электродов) [5].

Важным достоинством системы Cimatron E является то, что она базируется как на лучших в своем классе компонентах (Microsoft/MFC, OpenGL, ODI/ObjectStore, Smart Solutions/SmarTeam, ACIS, D-Cubed/DCM, Cimatron IT), так и на знаниях компании Cimatron (20-летний опыт разработок, расширенное поверхностное моделирование, интеллектуальная генерация программ для ЧПУ, признанный во всем мире уровень разработок).

Ключевыми особенностями Cimatron Е 5.10 являются следующие:

### Процессная ориентация, коллективная работа

*Cimatron E 5.10* является процессно-ориентированной системой. Другими словами, система не только имеет специализированные модули и подсистемы, но и сам процесс разработки оснастки в ней разделен на этапы в соответствии со сложившейся мировой практикой. Можно выделить следующие основные этапы:

- прием модели изделия от заказчика в форматах Cimatron E или других CAD-систем;
- создание моделей операционных заготовок (поковок, отливок);
- разделение исходной модели на наборы формообразующих поверхностей оснастки;
- проектирование формообразующей оснастки;

- проектирование оснастки второго порядка (электроды и др.);
- выпуск чертежно-графической документации;
- разработка управляющих программ (УП) для оборудования с ЧПУ.

Система обеспечивает коллективную работу, что подразумевает, с одной стороны, работу группы специалистов над одним из этапов разработки, а с другой – одновременное решение задач нескольких этапов рабочего процесса. Такие возможности основываются на инфраструктуре системы и управлении данными, а также на обеспечении ассоциативности данных независимо от формата исходной геометрии изделия.

Опыт применения решений *Cimatron* в мире показывает, что общее сокращение сроков выпуска оснастки при использовании *Cimatron E* достигает 50 и более процентов. Такое сокращение обеспечивается за счет организации параллельного процесса разработки и использования специализированных модулей для решения задач каждого этапа работ.

#### Инфраструктура

*Сітаtron Е* представляет собой современное *Windows*-приложение, имеет русифицированные интерфейс и систему интерактивной помощи. Система является сетевой, то есть, обеспечивает единое представление структуры проекта для всех пользователей, работающих в вычислительной сети, и разделение прав на использование файлов. Помимо этого, система может устанавливаться как с привязкой каждого рабочего места к индивидуальному ключу защиты или сетевой карте, так и в режиме плавающей лицензии с привязкой к лицензирующему серверу, которым, как и файл-сервером, может быть любой компьютер в сети.

Использование ACIS в качестве ядра системы было определено, в том числе, и его терпимостью к геометрическим проблемам, которые свойственны данным, импортированным из других CAD-систем, а также наличием специальных инструментов для решения этих проблем.

Среда управления данными Cimatron E – менеджер данных – обеспечивает не только единое представление проекта для всех участников разработки и его целостность, но также отслеживает иерархические и ассоциативные связи между объектами и поддерживает их свойства и атрибуты. В менеджере данных возможно проведение любых манипуляций с документами проекта (копирование, перенос на жестком диске, переименование, удаление, упаковка для резервного копирования или пересылки) с сохранением ассоциативности и атрибутов.

#### Интерфейсы

Сіmatron Е имеет прямые (CATIA V4/V5, Cimatron IT, PTC, Unigraphics, AutoDesk – DXF, DWG) и стандартные (IGES, Parasolid, SAT, STEP, STL, VDA, VRML) интерфейсы обмена данными. Стандартные интерфейсы имеют настройки для обмена данными с различными CAD-системами. Интерфейсы своевременно обновляются и поддерживают обмен деталями, сборками и чертежами. Возможен также импорт траекторий обработки из Cimatron IT. По словам представителей компании Cimatron, интерфейсы Cimatron E с CATIA, разработанные поставщиком ядра ACIS - компанией Spatial Corp., являются одними из лучших на рынке.

#### Моделирование для производства

Система предлагает единую параметрическую гибридную среду для 2D/3D каркасного, поверхностного и твердотельного моделирования, включая выполнение булевых операций над объектами разной природы. Подсистема моделирования (рисунок 4) очень развита по функционалу и имеет мощные средства создания ассоциативных чертежей (рисунок 5).



- Булевы операции ACIS
- Ведение сборок, групповая работа над проектом
- Создание и параметрическое изменение открытых объектов
- Полная ассоциативность поверхностей
- Несколько твердых тел в одном файле

Рисунок 4 – Подсистема моделирования

Поддерживаются и соответствующие гибридные сборки (сборка каркасных и твердотельных моделей). При работе со сборками доступны все команды моделирования деталей. В процессе работы нет необходимости переходить из одного режима моделирования в другой – любые операции конструктор может выполнять в произвольной последовательности. Работая в *Cimatron E* с импортированными моделями, не нужно тратить время на устранение щелей между поверхностями и другие геометрические исправления, поскольку это никак не влияет на качество и производительность решения последующих задач подготовки производства.



Рисунок 5 – Подсистема черчения

- Полная ассоциативность чертежа с гибридной моделью
- Исчерпывающий инструментарий для быстрого создания видов, сечений, разрезов и компоновок чертежа

Спецификации, ведомости материалов и другая документация средствами встроенной PDM системы.

Мощные средства разработки и использования каталогов стандартных деталей и сборок включают поддержку так называемых "вырезающих объектов". При компоновке деталей и сборок эти объекты автоматически создают в смежных моделях соответствующие вырезы. Особенно удобно, что "вырезающие объекты" могут

отличаться от базовых деталей и сборок не только размерами, но и топологией. Процессная ориентация в среде моделирования проявляется, прежде всего, в том, что наряду со стандартным для современных систем деревом операций, *Cimatron E* ведет специальное "дерево разъема", которое отражает последовательность шагов, выполняемых при разработке формообразующих деталей оснастки. Такое дерево повышает производительность работы, обеспечивает накопление знаний и облегчает понимание проделанной работы коллегами.

В числе отображаемых в дереве разъема шагов – создание "рабочей детали", включающей пуансон, матрицу и ползуны, а также внешних и внутренних линий и поверхностей разъема, заготовки формообразующего блока и ряда других элементов. "Рабочая деталь" – один из элементов процессной ориентации. Это первый этап работы, на котором отрабатывается технологичность исходной геометрии и производится разделение на наборы формообразующих поверхностей.

## 17

#### Подсистема САМ

*Cimatron E* обеспечивает программирование от 2-х до 5-координатной фрезерной, 2-х и 4координатной проволочной и электродной электроэрозионной, а также токарной обработки с поддержкой станков с противошпинделем (модуль Fikus). Основные преимущества и возможности продукта:



- Выбор стратегий обработки и задание параметров выбранных стратегий;
- Задание и выбор режущего инструмента;
- Выбор обрабатываемых и ограничивающих поверхностей на модели изделия (детали);
- Задание технологических режимов обработки;
- Формирование траектории движения инструмента с учетом стратегий обработки, выбранных поверхностей, режущего инструмента, контроля зарезаний и оптимизации

#### Рисунок 6 – Подсистема ЧПУ

траектории инструмента с учетом текущего состояния заготовки (рисунок 6);

• Автоматическое отслеживание изменений, вносимых в модель обрабатываемого изделия. При этом модель создается в **Cimatron E** или импортируется из других систем;

• Использование технологических шаблонов для формирования траектории инструмента;

• Оперативное редактирование траектории при изменении задания на обработку, без вне-

сения изменений в геометрию модели и повторного расчета траектории;

• Поддержка алгоритмов высокоскоростной резки (HSC или HSM - обработка на подачах, превышающих 5 м/мин);

Cimatron E позволяет полностью использовать новые возможности технологического оборудования для повышения производительности обработки резаньем. Речь идет о высокоскоростной фрезерной обработке.

Разработка УП в Cimatron E может производиться для моделей любого типа: каркасных, поверхностных, твердотельных, гибридных. При расчете траектории инструмента система учитывает геометрию не только детали, но и заготовки. Модель исходной заготовки также может быть построена или задана в Cimatron E или импортирована через интерфейсы обмена данными. После каждого перехода геометрия оставшейся заготовки пересчитывается системой автоматически. Таким образом, система в любой момент времени "знает" о каждом гребешке или ступеньке, оставшейся после предыдущего перехода.

Знание о реальной форме заготовки в любой точке обработки дает системе возможность обеспечить равномерную нагрузку на инструмент, что важно для достижения высокого качества деталей, сокращения износа инструмента и увеличения межремонтных сроков станков и оснастки.

Это знание необходимо для расчета УП для HSC, так как одним из главных факторов реализации HSC является обеспечение постоянства нагрузки на инструмент и органы станка в целом, предотвращающее появления динамических проблем и обеспечивающее высокое качество обработки.

Основным принципом при реализации постоянства нагрузки является выполнение условия постоянства срезаемых припусков, что достигается возможностью создания системой дополнительных проходов при любой из выбранных стратегий обработки. Однако есть и другой вариант увеличения равномерности нагрузки - снижение или увеличение рабочих подач в зависимости от размеров припуска или направления движения инструмента в плоскости, проходящей через его ось. Правила для автоматического изменения системой значения рабочей подачи задаются в специальных технологических таблицах.

Второй момент при реализации HSC - исключение торможений в конце кадра, генерируемых УЧПУ. Эти торможения возникают при наличии в траектории инструмента острых углов свыше определенных значений и предохраняют станок от возникновения динамических проблем при обработке. Острые углы в траектории возникают в большинстве случаев при черновой обработке (выборка большого объема материала, когда поверхности заготовки не эквидистанты поверхностям детали), при переходе инструмента от одного рабочего прохода к другому при любых видах обработки, при обработке деталей с острыми углами/кромками при выполнении подходов и врезаний. Cimatron E для решения указанных проблем предлагает такие средства, как специальные стратегии черновой обработки (даже при обработке деталей, состоящих из элементов формы типа "кирпич", в траектории не будет ни одного острого угла), создание гладких сопряжений между проходами (несколько вариантов), создание "петель" при обработке острых углов детали, трохоидальная обработка (обеспечивает создание траектории инструмента без острых углов независимо от геометрии детали), различные виды "гладких" подходов и врезаний, (например, врезание по спирали).

Третий и очень важный момент при реализации HSC - поддержка NURBS-интерполяции (сплайновой интерполяции), которую, естественно, должно поддерживать устройство ЧПУ станка. Это вид интерполяции обеспечивает резкое сокращение длины УП, улучшение динамики станка при отработке УП, перемещение инструмента при обработке поверхности по законам ее создания в CAD-системе.

Высокоскоростные станки уже не являются редкостью в нашей стране. Предприятиями все активнее приобретается современное зарубежное оборудование. Да и отечественные производители уже выпускают станки с высокими значениями подач, поставляют необходимый режущий инструмент и оснастку. Эффективность такого вида обработки доказана практикой, поэтому применяемая для разработки УП САМ-система должна позволять использовать возможности HSC на 100%.

В подсистеме ЧПУ происходит реалистичная визуализация процесса обработки изделия (детали) на станке. Также происходит автоматическое сравнение модели обработанной детали с конструкторской моделью и формирование цветовой "карты распределения припусков" для детального анализа результатов обработки. Реалистичная визуализация перемещений исполнительных органов станка при обработке детали, с одновременным контролем столкновений инструмента и державки с приспособлениями и узлами станка. Формирование управляющей программы для конкретной модели станка с ЧПУ с помощью соответствующего постпроцессора.

#### ReEnge

ReEnge является приложением системы Cimatron. Он позволяет получить 3D модель изделия из "облака точек", полученного на координатно-измерительной машине или восстановить модель детали по управляющей программе.

С помощью данного продукта можно получить геометрические модели для решения задач проектирования и технологической подготовки производства изделий в CAD/CAMсистеме или другими способами.

Использоваться это может при заимствовании геометрии существующих на рынке изделий, подготовка производства на основе прототипов, сделанных вручную (скульптором и т.п.), восстановление старых пресс-форм.

### QuickElectrode

Подсистема предназначепроектирования для на электродов и подготовки прошивной электроэрозии. QuickElectrode автоформирует матически чертежей комплекты И карт наладки. В него также включен каталог хвостовиков электродов компании EROWA. Модуль EDM Setup Wizard, paбoтаюший совместно c QuickElectrode, позволяет передавать специфические станочные данные непосредственно в станок и таким образом управлять процессом эрозии, автоматической сменой электродов и позиционированием



Рисунок 7 – Модули QuickElectrode и EDM Setup Wizard обеспечивают подготовку прошивной электроэрозии и передачу на станок с ЧПУ

заготовки (рисунок 7). Несколько последних лет компания *AGIE GmbH* – известный производитель электроэрозионных станков – рекомендует заказчикам использовать эти средства как наиболее эффективные решения для подготовки производства.

### Fikus WireEDM&Lathe

Данная система [3], интегрированая с Cimatron E 5.1, позволяет спроектировать токарную и электроэрозионную обработку на станках с ЧПУ (рисунок 8). Система обладает производительным ядром, позволяющим сократить время расчета процедур и траекторий обработки. В системе присутствует редактор токарного инструмента, позволяющий создавать свои резы, сверла. При моделировании токарной обработки можно использовать процедуры черновой обработки, чистовой, точения канавок, сверления, нарезания резьбы. отрезки. Продукт позволяет производить визуальную обработку в реальном



Рисунок 8 – Модуль токарной обработки

времени для контроля смоделированных перемещений.

В итоге можно сказать, что система Cimatron E 5.10 отвечает всем современным требованиям, предъявляемым к CAD/CAM системам. Обладая болшой функциональностью. надежностью и скоростью работы, этот продукт можно сравнивать, пожалуй, только с такими системами, как Unigraphics и Pro/Engineer. Выбор системы фирмы Cimatron для КИТПП и обусловлен наличием ее на заводе «ИФО», а также закупленной учебной версией Ярославским Государственным Техническим Университетом.

### 1.3 Постановка задачи

При переходе кафедры «Технология машиностроения» на новую специализацию «Компьютерно-интегрированного машиностроения», университет приобрёл одно учебное место системы MCAD Cimatron E 5.10. Эта система, внедрённая ярославским заводом «ИФО» в начале перестройки, известна широкими возможностями CAD и, особенно, CAM-модулей. Она и стала базовой в учебном процессе на новой специальности.

В этом году университет приобрел систему Cimatron E 5.10 на 10 рабочих мест. Новая версия системы кардинально отличается от предыдущей. Завод «ИФО» также закупил новый программный продукт.

Целью проекта является самостоятельное изучение CAD/CAM-систем Cimatron E 5.10 и Fikus WireEDM&Lathe, практическое использование и развитие знаний, полученных по специализации «Компьютерно-интегрированное машиностроение», для технологической подготовки производства изделия «Пресс-форма секторная для вулканизации шин» номенклатуры ОАО «Инструмент Форма Оснастка» на базе вышеупомянутых систем. Сформулируем следующие задачи работы:

- 1. Перевести существующую бумажную конструкторскую документацию, используемую на ОАО «ИФО», в чертежи и 3D-модели Cimatron.
- 2. Используя Cimatron смоделировать и произвести сборку изделия «Пресс-формы» и приспособления для фрезерования торцов детали «Вкладыш», входящей в состав «пресс-формы».
- 3. Используя численную модель детали «Планка прижимная» технологической оснастки разработать в САМ-модуле Cimatron E 5.10 управляющую программу для её фрезерной обработки на станке с ЧПУ.
- 4. Используя численную модель детали «Корпус нижний», входящей в состав «прессформы», разработать в подсистеме Fikus WireEDM&Lathe управляющую программу для её токарной обработки на станке с ЧПУ.
- 5. Рассчитать показатели экономического эффекта в случае перехода ОАО «Инструмент Форма Оснастка» на компьютерно-интегрированное проектирование.

#### 1.3 Компьютерно-интегрированная подготовка производства

В мире постоянно происходят процессы совершенствования и улучшения, повышаются требования к качеству жизни, а следовательно и к окружающим нас вещам. Чтобы идти в ногу со временем, необходимы быстрые, комплексные и качественные решения. В сфере производства эти решения принимаются благодаря внедрению компьютерных технологий.

Компьютерно-интегрированная технологическая подготовка производства (КИТПП) использует новые технологии на всех стадиях подготовки производства. Это позволяет обеспечивать помимо качества изделий выдерживать ценовую конкуренцию за счет сокращения времени на подготовку производства, количества персонала и др.

Программный продукт Cimatron E 5.10 является одним из самых ярких представителей обеспечивающих КИТПП, охватывая весь процесс подготовки производства используя концепцию «от идеи конструктора до металла». На ярославском заводе «Инструмент Форма Оснастка» есть все предпосылки для использования данной компьютерной системы: это и имеющиеся в штате конструктора, имеющие большой опыт работы с компьютерными программами, широкая номенклатура станков с ЧПУ, современная локальная сеть.

В данной работе попробуем раскрыть КИТПП на примере типичного изделия производимого предприятием – «Пресс-формы секторной для вулканизации шин». Изобразим схему основных этапов компьютерно-интегрированной подготовки производства данного изделия с использованием вышеупомянутой концепции (рисунок 9).



Рисунок 9 – Схема КИТПП пресс-формы секторной

Рассмотрим этапы КИТПП.

Подготовка производства начинается с получения технического задания от заказчика. Анализируются форма и конструкция деталей и узлов, предлагаемых заказчиком по представленным чертежам или моделям. Производятся доработки и изменения, если необходимо, не влияющие на функциональное назначение.

1.1. Следующим шагом является построение 3D моделей деталей, входящих в состав пресс-формы, по имеющимся чертежам. Этот этап самый длительный и ответственный, т.к. от него зависит конечный результат КИТПП – качество обработки данной детали на станке с ЧПУ и точность соответствия заказу.

1.2. На втором этапе производится экранная сборка. В ее ходе проверяется точность сопряжений и, опять же, возможность сопряжений в реальности. Отрабатывается и устанавливается последовательность сборки деталей и узлов.

2.1. Параллельно с анализом и отработкой заказа происходит проектирование приспособлений для обработки каждой детали и различной технологической оснастки. Выбирается их тип и конструкция.

2.2. Далее проектируются 3D модели деталей приспособлений и оснастки. Детали могут быть выбраны из каталога стандартных или спроектированы самостоятельно применительно к конструкции обрабатываемой детали.

2.3. Затем происходит экранная сборка получившегося приспособления совместно с обрабатываемой в нем деталью. Это позволяет удостовериться в надежности закрепления детали и правильности конструкции, в отсутствии помех для режущего инструмента обрабатываемых поверхностей детали.

3.1. На третьем этапе происходит проектирование и симуляция фрезерной, токарной или электроэрозионной обработки производимой на станке с ЧПУ. Здесь происходит проектирование необходимых траекторий перемещений режущего инструмента с последующей симуляцией этих перемещений на экране монитора. При этом в реальном времени происходит как перемещение режущего инструмента, так и удаление припуска. Если необходимо, то можно спроектировать свой инструмент (фрезу, сверло, резец), державку к нему, а также наборы электродов для электроэрозионной обработки.

3.2. Проектирование управляющих программ для станков с числовым программным управлением является логическим концом КИТПП. Согласно полученной геометрии 3D моделей будущих деталей пресс-формы и составных деталей приспособлений происходит генерирование кода для фрезерных, токарных, электроэрозионных станков с ЧПУ. Основная задача этого этапа – оптимизация перемещений режущего инструмента.

4. Последним этапом КИТПП является формирование чертежей деталей и изделий, спецификаций и другой документации. Чертежи получаются в автоматическом режиме из 3D моделей деталей.

Анализируя данные этапы можно сделать вывод о том, что вся КИТПП нацелена на использование станков с ЧПУ.

Первое преимущество от использования станков с ЧПУ заключается в более высоком уровне автоматизации. Случаи вмешательства станочника или оператора в процесс изготовления детали могут быть исключены или сведены к минимуму. Предприятия, применяющие ЧПУ, получают дополнительные преимущества - уменьшение числа ошибок операторастаночника, а также предсказуемость времени обработки и более полную загрузку оборудования.

Второе преимущество применения технологии ЧПУ заключается в более точном изготовлении детали. Сегодня производители станков с ЧПУ говорят о высочайшей точности и надежности оборудования. Однажды отлаженная УП, может быть использована на станке с ЧПУ для производства двух, десяти или тысячи абсолютно идентичных деталей, причем при полном соблюдении требований к точности и взаимозаменяемости.

Третье преимущество – гибкость, быстрая переналадка оборудования. Программное управление означает, что изготовление разных деталей сводится к простой замене управляющей программы. Ранее проверенная управляющая программа может быть использована любое число раз и через любые промежутки времени.

Поскольку такие станки легко настраивать и запускать, а также загружать в них управляющие программы, это позволяет существенно уменьшить время наладки станка. А это весьма важно в современном производстве, где широко используется принцип современной логистики "just-in-time" (точно в срок).

### 1.3.1. Исходный вид конструкторско-технологической документации

В настоящее время на Ярославском заводе «Инструмент Форма Оснастка» («ИФО») многая документация представлена в виде обычной «синьки» (рисунок 10).

Основная проблема состоит в том, что при сборке не всегда удаётся соблюсти требуемые сопряжения поверхностей деталей. Особенно если в состав сборочной единицы входит множество деталей, используется для их изготовления множество приспособлений собственного производства, то эта проблема встает краеугольным камнем. Из-за такого количеств потенциально неточных деталей, общая погрешность изделия сильно возрастает. Эту проблему можно решить, используя одну САД/САМ-систему, предварительно выполняя сборку интерактивно на экране монитора.



Рисунок 10 – Исходный вид документации (сборочный чертеж пресс-формы)

Задачей данной работы попытка перевода некоторой документации в электронное представление, для чего создаются 3D модели деталей, сборка, проектируется обработка NC.

- Компьютерно-интегрированная подготовка производства делится на три основных этапа:
- 1) Первым этапом является моделирование всех деталей, входящих в пресс-форму.
- 2) Вторым этапом является сборка получившихся компонентов.
- Проектирование и сборка приспособлений для обработки/сборки деталей прессформы
- 4) Заключительный этап проектирование обработки деталей на станке с ЧПУ.

На первом этапе по имеющимся чертежам строятся 3D модели деталей. На этом этапе можно корректировать конструкцию, в связи с тем, что на бумаге можно воплотить любую идею конструктора, но в процессе моделирования на компьютере многие элементы могут оказаться не воспроизводимы в реальном пространстве. Следовательно, могут возникнуть проблемы с обработкой и сборкой деталей. На рисунке 11 изображен чертеж одной из деталей, входящих в рассматриваемое нами изделие.



Рисунок 11 – Чертеж детали «Корпус нижний» пресс-формы

На втором этапе производится сборка. В ее ходе проверяется возможность и точность со-пряжений. Определяется также порядок сборки.

На третьем этапе происходит проектирование приспособлений для обработки и сборки деталей пресс-формы. Приспособление должно не менее тщательно проектироваться, т.к. качество обработки во многом зависит от его правильной конструкции, формы и точности сопряжений между его узлами.

Далее в разделе 1.4.4 будет рассмотрено проектирование приспособления для фрезерования торцов вкладышей (рисунок 12). Результат, получаемый после обработки на нем, является основополагающим при формировании качества изделия, а следовательно, качества автомобильных покрышек.

На четвертом этапе происходит проектирование, симуляция и получение управляющей программы для станка с ЧПУ, производящего фрезерную, токарную или электроэрозионную обработку.

От этого этапа напрямую зависит качество обработки деталей, а следовательно и всей пресс-формы.

В данной работе будет рассмотрено проектирование фрезерной обработки детали «Планка прижимная», входящей в состав приспособления (рисунок 13).

Также будет рассмотрено проектирование токарной обработки детали «Корпус нижний» (рисунок 11). Public de la constance de unand et secondo de la constance de unand et la constance de constance de la constance la constance de constance de la constance la constance de constance de la constance la constance de constance la constance de constance la constance de constance la constance de constance la constanc

Рисунок 12 – Исходный вид сборочного чертежа приспособления для фрезеровки торцов вкладышей



Рисунок 13 – чертеж детали «Планки прижимной», входящей в приспособление

Напомним, что все этапы КИТПП будут рассмотрены в одном программном пакете. Потребность в использовании именно одной CAD/CAM-системы объясняется тем, что при импорте/экспорте файлов моделей между разными системами (форматами) происходит искажение эталонных топологических и геометрических форм и размеров. Зачастую исправление данной проблемы занимает время, за которое можно построить данную деталь заново, а это от 1 дня до 2-х недель в зависимости от сложности. Следовательно, используя интегрированного пакета для решения КИТПП, значительно сокращается срок на подготовку производства.

Рассмотрим подробно этапы компьютерно-интегрированной подготовки производства.

### 1.3.2 Моделирование деталей и узлов пресс формы секторной

Первым этапом КИТПП является создание 3D моделей всех деталей и сборочных единиц. На этом этапе прорабатывается конструкция детали. Дело в том, что на бумаге изображается то, что видится конструктору. Но очень часто некоторые геометрические элементы конструкции детали, созданные при 2D построениях, бывают невоспроизводимыми в 3D построениях. Самыми типичными примерами являются: неверно указанные значения радиусов скруглений, фасок, уклонов и т.д. В связи с этим в дальнейшем возникают проблемы при обработке данной детали и приходиться возвращаться к этапу конструирования. При 3D моделировании деталей на компьютере эти проблемы исключаются. После проектирования можно детально рассмотреть конструкцию детали и при необходимости внести коррективы.

В рамках компьютерно – интегрированной подготовки производства пресс-формы секторной были созданы модели таких деталей (рисунок 14) как вкладыш Т1, вкладыш Т2, корпус сектора, корпус нижний, корпус верхний, кольцо бортовое нижнее, кольцо бортовое верхнее, диск, кольцо центрирующее. Большинство деталей, входящих в пресс-форму, имеют сложную конфигурацию. При моделировании этих деталей использовались практически все существующие в системе Cimatron E 5.10 операции твердотельного моделирования.



Рисунок 14 – Модели деталей пресс-формы секторной

### 1.3.3. Экранная сборка пресс-формы секторной

В каждом процессе необходима проверка его правильности для исключения ошибок в итоге работы. Экранная сборка является как раз контрольным этапом КИТПП. Это по сути моделирование реальной сборки изделия из реальных деталей.

Часто при сборке деталей и узлов возникает такое явление как несобираемость. В связи с этим приходиться вносить изменения в конструкцию некоторых деталей, что несёт за собой излишние затраты средств и времени. Моделирование сборки на экране компьютера позволяет избежать несобираемости. Конструктор может легко проверить зазоры, «перехлесты» тел деталей (когда одно тело врезается в другое, например). Одна из важнейших функций экранной сборки является отработка технологии реальной сборки. Для конструктора она отображается в «Дереве сборки» (рисунок 15).

Сборка пресс-формы выполняется по узлам в два этапа:

1. Сборка основных узлов изделия. Сначала сборочные узлы формируются путем сопряжения функциональных деталей «изнутри пресс-формы», например «Сектор» (рисунок 16).

 Состыковка узлов между собой. Сборочные узлы компонуются воедино для получения модели изделия.

合 пресс форма в сборн
🖃 🖳 Корпус сектора(8)
🕂 📧 Корпус сектора
🛨 📧 Корпус сектора
🛨 📧 Корпус сектора
🕂 📧 Корпус сектора
🛨 📧 Корпус сектора
🛨 📧 Корпус сектора
🕂 📧 Корпус сектора
🛨 📧 Корпус сектора
🖃 🔺 Сборка вкладышей вся
🕂 - 🚾 Сборка вкладышей(15)
<ul> <li>UCS to UCS31</li> </ul>
- 📇 UCS to UCS35
- ا 💾 UCS to UCS39
- de UCS to UCS41
🖃 \land Верх
🛨 🐔 Корпус верхний
🛨 🐁 Кольцо бортовое верхнее
UCS to UCS33
🖃 🙆 Низ
🛨 📧 Корпус нижний
🛨 🐔 Кольцо бортовое нижнее
🛏 🔚 UCS to UCS35
🛨 🐔 Кольцо центрирующее
🛨 🖳 Диск(2)

#### Рисунок 15 – Дерево сборки

Такая схема обусловлена, во-первых, сложностью геометрии сопрягаемых поверхностей, так легче контролировать правильность сопряжений. Во-вторых, данная схема максимально приближена к процедурам реальной сборки. Пресс-форму можно собрать, следуя только последовательности изображенной на рисунке 15.

В конце сборки происходит оценка и контроль всей сборочной единицы (CE) по правильности и точности сопряжений, эргономике и т.д.

Заключительным моментом является добавление в сборку многочисленных мелких вторичных элементов (втулок, крепежа и т.д.).

В итоге экранной сборки получается дерево сборки. По нему можно легко осуществлять навигацию по сборочным узлам и оперативно вносить изменения в их конструкцию и расположение между собой. Также возможно составление спецификации и рекомендаций по последовательности сборки узлов и СЕ в целом для сборщиков на производстве.



Рисунок 16 – Последовательность и результат экранной сборки пресс-формы

# 1.3.4. Проектирование приспособления для обработки "Вкладыша"

Основную группу технологической оснастки составляют приспособления механосборочного производства. Приспособлениями в машиностроении называют вспомогательные устройства к технологическому оборудованию, используемые при выполнении операций обработки, сборки и контроля.

Применение приспособлений позволяет: устранить разметку заготовок перед обработкой, повысить ее точность; увеличить производительность труда на операции; снизить себестоимость продукции; облегчить условия работы и обеспечить ее безопасность; расширить технологические возможности оборудования; организовать многостаночное обслуживание; применить технически обоснованные нормы времени и сократить число рабочих, необходимых для выпуска продукции.

Частая смена объектов производства, связанная с нарастанием темпов технического прогресса, требует создания конструкций приспособлений, методов их расчета, проектирования и изготовления, обеспечивающих неуклонное сокращение сроков подготовки производства. Затраты на изготовление технологической оснастки составляют 15... 20 % от затрат на оборудование для технологического процесса обработки деталей машин или 10-24 % от стоимости машины.

Разработка конструкции приспособления заключается в последовательном построении эскиза, выражающего идею приспособления, по контуру обрабатываемой детали. При конструировании приспособлений тщательному изучению и анализу подвергают обрабатываемую деталь, станок, на котором планируется оснащаемая операция, способ подвода режущего инструмента и охлаждающей жидкости, средства обеспечения установки детали, удаления стружки и др. Учитывают положение станочника относительно проектируемого приспособления и оборудования, размер партии деталей и планируемую производительность обработки, структуру технологической операции и режимы резания, вес заготовки, способ её загрузки и выгрузки.

Использование компьютера позволяет сократить время на изготовление приспособления. После экранной сборки приспособления конструктор может оценить его характеристики: быстрая смена заготовки, удобство базирования заготовки, простота сборки приспособления. Готовая 3D модель упрощает сборочные работы приспособления.

Ниже показан результат проектирования приспособления для фрезерной обработки торцов вкладышей. Оно состоит из плиты установочной, опор, планки прижимной.

Проектирование приспособления состоит из следующих этапов (рисунок 17):

- Анализ обрабатываемой детали. На данном этапе происходит выявление обрабатываемых поверхностей, мест крепления и базирования детали, выбор технологии обработки детали и станка. Все эти параметры необходимы для выбора конструкции приспособления.
- Выбор конструкции. Выбирается конструкция приспособления, тип, приближенные размеры. Если в составе можно использовать стандартизованные детали, то для облегчения труда и сокращения времени выбираются они.
- 3D моделирование. Моделируются абсолютно все составные элементы приспособления. Если элемент стандартизован, то его выбирают из специализированных каталогов, библиотек, в противном случае его необходимо смоделировать для создания наиболее полной и достоверной реальной картины.
- 4. Экранная сборка всех элементов приспособления, включая модель обрабатываемой детали, необходима для контроля собираемости приспособления, правильности базирования детали. На этом этапе также возможно изменение конструкции с целью повышения надежности, улучшения собираемости и облегчения изготавливаемости составных деталей приспособления.



Рисунок 17 - Приспособление для фрезерной обработки торцов вкладыша

### 1.3.5 Моделирование в Cimatron E 5.10 фрезерной обработки

Как уже говорилось ранее, главной целью трёхмерного моделирования всех CAD-систем является последующая передача данных о детали и способе её обработки на электронный блок станка с ЧПУ.

Программный продукт Cimatron E 5.10, является ведущим среди аналогичных ему систем. Основным преимуществом системы Cimatron является интегрированный САМ- модуль со встроенным постпроцессором. Объединение САD и САМ системы позволяет намного облегчить обмен информации между ними, повысить точность восприятия моделей получаемых в САD модуле – САМ модулем. Это обуславливает сокращение времени моделирования обработки и управляющей программы, повышение качества обработки, за счет повышенной точности обработки данных (из-за интеграции модулей).

В САМ модуле Cimatron E 5.10 моделирование фрезерной обработки может производиться 2.5, 3-х, 4-х или 5-ти координатное. Каждый из методов обработки различается по составу и количеству процедур и технологий. Они в системе представлены во всем разнообразии. Процедура – это задание последовательности перемещений инструмента, которые согласованы с конкретно выбранной технологией обработки. Одна или несколько процедур образуют траекторию инструмента. Траектория инструмента – это последовательность процедур обработки, выполненных с учетом заданного числа осей станка. Другими словами это технологический процесс, содержащий всю необходимую геометрическую и технологическую информацию для обработки детали на станке с ЧПУ.

Процесс проектирования фрезерной обработки деталей на станках с ЧПУ проходит по стандартной схеме. Различия состоят в выборе метода обработки (2.5, 3-х, 4-х или 5-ти координатный), количестве процедур и их типе. Отличаются и виды используемых инструментов. Прежде, чем рассмотреть схему обработки, отметим, что в данном случае представлена именно общая схема – в одностороннем порядке. В реальности это не так. Во время проектирования обработки между этапами наблюдаются двухсторонние связи. Проектировщик постоянно корректирует процедуры обработки поверхностей, последовательность их обработки, следуя схеме проектирования обработки (рисунок 18).

Поясним к этой схеме каждый из этапов.

1. На первом этапе происходит анализ конструкции будущей детали, взаимное расположение ее поверхностей. Разрабатывается технология и последовательность их обработки с учетом индивидуальных особенностей детали.

2. На данном этапе происходит загрузка 3D модели. Модель должна быть в формате Cimatron'a. Также Cimatron E выполняет быстрое и точное преобразование данных, представленных в стандартных промышленных форматах, таких как IGES, DXF, SAT, Parasolid, STL, VDA, STEP и VRML Кроме того, Cimatron E поддерживает распространенные специальные форматы данных: Cimatron IT PFM, Cimatron Quick Applications, Pro/E, CATIA, DWG и Unigraphics. Интеллектуальное преобразование, проверка ошибок и алгоритм разрешения проблем, оптимизация полноты и целостности преобразования - вот основа используемых методов преобразования данных, которые увеличивают скорость и качество преобразования, дают возможность оптимального управления разновидностями форматов.

3. Выбор метода обработки заключается в определении необходимого количества координатных осей. Это 2,5, 3-х, 4-х, 5-ти координатная обработка. Также здесь выбирается плоскость безопасного перемещения инструмента.

4. На 4-м этапе выбирается геометрия, т.е. то, что системе необходимо за нее считать. Можно выбрать всю загруженную модель, можно ее часть. Если есть необходимость, можно загрузить деталь из файла.

5. Создание заготовки происходит для определения системой, что ей необходимо "убрать", где есть материал, а где нет. Имеется несколько способов ее задания:

• *Поверхности* - создание заготовки ручным выбором поверхностей. Результирующая Заготовка будет создана по внешней границе выбранных элементов.

• Контуры - создание заготовки путем задания ее контуров вручную, созданных в САD эскизнике системы.

1	Анализ модели		
2	Загрузка модели детали		
3	Выбор метода обработки		
4	Определение геометрии детали		
F			
5	Создание заготовки		
6			
0	Создание режущего инструмента		
7	Выбор процедуры обработки		
8	Симуляция обработки		
~			
9	Управляющая программа		
	Рисунок 18 – схема этапов проектирования		

• *Параллелепипед* - создание заготовки в виде параллелепипеда, охватывающего деталь. Параллелепипед задается минимальной и максимальной точками.

• *Предельный параллелепипед* - создание заготовки в виде параллелепипеда, охватывающего все выбранные элементы.

• *Из файла* - создание заготовки из предварительно сохраненного файла заготовки. Файл заготовки должен иметь формат \*.stk.

6. На этом этапе производится создание режущего инструмента следующих видов: шаровая фреза, скругленная фреза, торцевая фреза, коническая шаровая фреза, коническая скругленная фреза, коническая торцевая фреза, сверло. У каждого типа инструмента можно задать диаметр, режущую длину, радиусы (скруглений) и т.д. Важным дополнением к проектированию инструмента является задание державки. Во фрезерных операциях, державка инструмента может иногда сталкиваться с

материалом обрабатываемой детали. Для избегания таких столкновений (зарезаний) для каждого инструмента может быть задана одна или более державок. Если столкновение обнаружено с текущей державкой, то может быть использована другая.

7. Следующий шаг – выбор процедуры. Это самый долгий, сложный и ответственный этап. На нем выбирается технология фрезерования, последовательность обработки поверхностей. От этапа зависит качество и время обработки детали. В Cimatron E может производится черновая и чистовая обработка различными технологиями, обработки сложных криволинейных поверхностей, обработка углов, кромок после штамповки и многое другое.

8. Этап симуляции позволяет выполнять контроль процесса и результатов обработки в созданных траекториях и процедурах, до отработки управляющих программ непосредственно в цехе на станке с ЧПУ. В процессе симуляции происходит реалистичная имитация (симуляция) перемещений инструмента в процессе обработки, путем расчета воздействия перемещений инструмента на текущее состояние заготовки. В симуляторе также существует подсистема – верификатор. Он обеспечивает представление качества результатов обработки с учетом заданных допусков. Верификация выполняется путем сравнения обработанной заготовки с требуемой деталью.

9. Получение управляющей программы для станка с ЧПУ получается при помощи встроенного в Cimatron E постпроцессора. Постпроцессор преобразует траектории перемещения инструмента и процедуры в программы, записанные в G-кодах устройства ЧПУ конкретного станка. Имеется возможность подключения и использования своего постпроцессора, написанного под свой станок.

Все это делает CAD/CAM систему Cimatron E 5.10 в целом просто незаменимой, когда возникает необходимость в обработке комплекса сложных деталей при КИТПП.

### 1.3.5.1. Методы и процедуры фрезерной обработки

Подсистема NC служит для проектирования фрезерной обработки деталей, с дальнейшим получением управляющей программы (УП) для станков с ЧПУ. В системе можно проектировать 2.5, 3-х, 4-х и 5-ти координатную обработку. Условные изображения их в подсистеме NC показаны на рисунке 19.



Рисунок 19 – Условное обозначение методов обработки в подсистеме NC

Для каждого из этих методов характерны свои процедуры. Ниже попытаемся показать всю разнообразность процедур, определим их соответствие каждому методу обработки.

# Метод 2.5 координатной обработки

2,5 координатная обработка – обработка, при которой инструмент сохраняет вертикальное положение и может перемещаться в плоскости ХҮ.

Соответствие процедур данному методу покажем в таблице 1. В первой графе "Главный выбор" указаны процедуры обработки, в графе "Дополнительный выбор" показана применяемая технология обработки для той или иной процедуры. Стратегия обработки показана в одноименной графе. В таблице также показаны условные изображения, соответствующие этим процедурам, технологиям и стратегиям обработки.

Главный выбор	Дополнительный выбор	Стратегия обработки
1. Объемное фрезерование	<ol> <li>С заготовкой по спирали</li> <li>Загот. по спирали</li> <li>Параллельно</li> <li>Паралллельно</li> <li>По спирали</li> </ol>	В случае 2,5 осевого фрезерования выполня- ется черновая выборка колодца, т.е. удале- ние массива материала в замкнутом регионе, определяемом внешним контуром и острова- ми.
2. Контурное фрезерование Контурное фрезерование	<ol> <li>Колодец</li> <li>Колодец</li> <li>Профиль</li> </ol>	В случае 2,5 осевого фрезерования выполня- ется чистовая обработка по контурам, за- мыкающим колодец, включая внешний кон- тур и острова. 1. Замкнутый Пезамкнутый контур
3. Сверление Сверление	1. Сверление 3х	2. Незамкнутый Замкнутый контур

Таблица 1 – Процедуры, доступные при 2,5 координатной обработке

Как видно из таблицы 1, при 2.5 координатной обработке доступны основные процедуры фрезерования, в основном черновые. Для того чтобы разобраться, что они означают, приведем определения каждой из них.

- 1. Объемное фрезерование черновая выборка массива материала из замкнутой области, определяемой обрабатываемыми поверхностями. Обработка производится по вертикальным слоям.
  - 1.1. С заготовкой по спирали фрезерование открытых областей по спирали, которая строится с одной стороны от инструмента.
  - 1.2. **Параллельно** фрезерование, при котором проходы инструмента параллельны, если смотреть по направлению оси Z.
  - 1.3. По спирали фрезерование проходами по спирали.
- 2. Контурное фрезерование фрезерование по направлению контура.
  - 2.1. Колодец удаление материала вдоль внешнего граничного контура и контуров островов.
  - 2.2. Профиль обработка вдоль открытых или замкнутых контуров.
    - 2.2.1. Замкнутый обработка вдоль замкнутых контуров..
    - 2.2.2. Незамкнутый обработка вдоль открытых контуров.
- 3. Сверление создание стандартных циклов для сверлильных операций.
  - 3.1. Сверление 3х технология сверления может создаваться с учетом 3-х осей.

Использование 2,5 координатного метода позволяет обработать лишь детали простой геометрической формы, имеющие плоские поверхности, находящиеся во взаимно перпендикулярном положении. Также могут быть обработаны наклонные, сферические и сложные поверхности, но только в грубом черновом виде.

# Метод 3-х координатной обработки

*3-х координатная обработка* – инструмент сохраняет вертикальное положение и может перемещаться в пространстве XYZ.

Соответствие процедур данному метод покажем в таблице 2 с условными изображениями, соответствующими этим процедурам, технологиям и стратегиям обработки. Дополнительные, по сравнению с 2.5 координатным фрезерованием, процедуры в таблице выделены курсивом.

Главный выбор	Дополнительный выбор	Стратегия обработки
1. Объемное фрезе- рование	<ol> <li>С заготовкой по спирали</li> <li>Загот. по</li> </ol>	1. Черновая выборка колодца 2D
Объемное фрезерование	🖤 спирали	2. Черновая обработка по ватерлини: 3D
(	2. Параллельно	1. Черновая выборка колодца 2D
	🚍 Паралллельно	2. Черновая обработка по ватерлини- ям 3D
	3. По спирали	1. Черновая выборка колодца 2D
По спирали	2. Черновая обработка по ватерлини- ям 3D	
	4. Черновая	1. Черновая по спирали При Черновая-спира
		2. Черновая параллельно

Таблица 2 - Процедуры, доступные при 3-х координатной обработке
---





		4. Вертикальные, а также все на поверхности Верт.+Все на пов-ти
	3. Только вертикальные области Только Верт. области	
	4. Быстрый подбор Быстрый подбор	
5. Обработка углов Обработка Углов	1. Q – обработка углов Q-Обработка Углов	
	2. Обработка углов Обработка Углов	
6. Сверление Сверление	1. Сверление 3x Сверление 3x	
7. По линиям пото- ка По линиям	1. Наводящая поверхность 3х Наводящая поверхн. 3х	
	2. Поверхность детали 3х Поверхность детали 3х	
	3. Линейчатая поверхность 3х Линейч. поверхн Зх	

Как видно из таблицы 2, 3-х координатная обработка намного расширяет возможности фрезерования, по сравнению с 2,5 координатным методом. Следует отметить, что появилась возможность обработать наклонные, сферические поверхности, но только в черновом варианте. В итоге получили новые стратегии обработки поверхностей при объемном, контурном фрезеровании, новые процедуры – обработка поверхности, подбор, обработка углов и по линиям потока. Дадим им понятия (прежние определения не повторяются).

- 1. Объемное фрезерование
  - 1.1. С заготовкой по спирали
    - 1.1.1. Черновая выборка колодца
    - 1.1.2. **Черновая обработка по ватерлиниям** удаление массива материала из замкнутого региона, определяемого обрабатываемыми поверхностями. Обработка производится по вертикальным слоям.
  - 1.2. Параллельно фрезерование, при котором проходы инструмента параллельны, если смотреть по направлению оси Z.
    - 1.2.1. Черновая выборка колодца
    - 1.2.2. Черновая обработка по ватерлиниям (см. 1.1.2.)
  - 1.3. По спирали фрезерование проходами по спирали.
    - 1.3.1. Черновая выборка колодца
    - 1.3.2. Черновая обработка по ватерлиниям (см. 1.1.2.)
  - 1.4. Черновая выборка объема материала, выполняется по горизонтальным слоям.
     1.4.1. Черновая по спирали фрезерование выполняется движением по спирали
- 1.4.2. **Черновая параллельно** фрезерование, для которого проекции перемещений на плоскость, перпендикулярную инструменту, являются параллельными.
- 1.5. **Получистовая** обработка реализует метод обработки с постоянными слоями. Эта процедура подстраивается под черновую форму и приближает ее к значению эквидистанты, заданной пользователем.
- 1.6. Зигзаг удаление массива материала в замкнутом регионе, определяемом внешним контуром и островами. Обработка выполняется по слоям и следует форме поверхностей.
  - 1.6.1. Зигзаг параллельно фрезерование, при котором проходы инструмента параллельны, если смотреть по направлению оси Z. (Перемещение фрезы следует поверхности до выхода на уровень слоя Z.)
  - 1.6.2. Зигзаг радиально фрезерование проходами, радиальными относительно заданного центра (обработка следует поверхности до выхода на уровень Z).
- 1.7. Фрезерование сверлением создание рабочего перемещения инструмента вдоль оси Z для быстрого удаления больших объемов материала. Эта процедура один из наиболее экономичных путей для создания обработки глубоких впадин, выступов, пазов, а также прямых или наклонных стенок. Эта процедура относится к категории высокоэкономичных процедур.
- 2. Контурное фрезерование
  - 2.1. Колодец
    - 2.1.1. Чистовая обработка колодца
    - 2.1.2. Чистовая обработка поверхностного колодца чистовая обработка вдоль контуров, замыкающих регион, следуя форме обрабатываемых поверхностей.
  - 2.2. Профиль
    - 2.2.1. Замкнутый контур
    - 2.2.2. Замкнутый контур обработка вдоль замкнутых контуров, следуя форме обрабатываемых поверхностей.
    - 2.2.3. Незамкнутый контур
    - 2.2.4. **Незамкнутый контур** обработка вдоль открытых контуров, следуя форме обрабатываемых поверхностей.
    - 2.2.5. Закрытый по плоскости обработка вдоль замкнутых контуров, следуя при этом форме плоскости.
    - 2.2.6. **Открытый по плоскости** обработка вдоль открытых контуров, следуя при этом форме плоскости.
  - 2.3. **3D Профиль 3-х** создание 3-х координатных перемещений инструмента, которые следуют 2D или 3D контуру, со справочными поверхностями или без них. Эта функция является идеальным средством для обработки верха ребер, которые заданы только их верхними контурами.
- 3. Обработка поверхности фрезерование поверхности.
  - 3.1. Чистовая обработка выполнение чистового фрезерования по поверхностям (только после того, как была выполнена черновая обработка).
    - 3.1.1. **Чистовое фрезерование всего** фрезерование всех областей, используя либо Параллельную, либо Спиральную обработку.
    - 3.1.2. **Фрезерование по предельному углу** фрезеровать горизонтальные и/или вертикальные области, разделенные предельным углом, используя различные технологии обработки.
    - 3.1.3. **Фрезерование горизонтальных плоских областей** фрезеровать горизонтальные и/или вертикальные области, разделенные предельным углом, используя либо параллельную, либо спиральную обработку.
  - 3.2. **3D-шаг** создание перемещений инструмента с постоянным шагом перекрытия между проходами.

- 3.3. С заготовкой по спирали удаление материала в замкнутой области, используя форму обрабатываемых поверхностей и заготовку. Фрезерование выполняется только одной стороной инструмента при обработке открытых областей.
- 3.4. **Параллельно** удаление материала в замкнутой области, используя траекторию инструмента, проекции которой на плоскость, перпендикулярную оси инструмента, представляют из себя параллельные проходы.
- 3.5. По слоям фрезерование выполняет по слоям, перпендикулярным оси инструмента.
- 3.6. **Горизонтальные области** обрабатываются только те области, которые почти горизонтальны, вплоть до заданного пользователем угла.
  - 3.6.1. Параллельно обрабатываются только почти горизонтальные области (лежащие в пределах заданного пользователем угла).
  - 3.6.2. **По спирали** обрабатываются только почти горизонтальные области (лежащие в пределах заданного пользователем угла).
  - 3.6.3. **Радиально** обрабатываются только почти горизонтальные области (лежащие в пределах заданного пользователем угла).
- 3.7. Радиально удаление материала в замкнутой области, используя траекторию инструмента, проекции которой на плоскость, перпендикулярную оси инструмента, представляют из себя радиальные проходы (черновая выборка поверхностного колодца радиальными проходами).
- 3.8. По спирали удаление материала в замкнутой области, используя траекторию инструмента, проекция которой на плоскость, перпендикулярную оси инструмента, напоминает спираль.
- 3.9. Вертикальные области обрабатываются только почти вертикальные области (лежащие в пределах заданного пользователем угла), и которые ориентированы в заданном направлении (оптимальная обработка вертикальных областей).
- 4. Подбор определение и подчистка необработанных зон, оставшихся после выполнения предыдущих операций обработки.
  - 4.1. Вдоль контура создание перемежающихся проходов касательно к поверхности обработки. При этом учитывается попутное или встречное фрезерование. Кроме того, участки подхода и отхода выполняются по касательной дуге к поверхности, обеспечивая гладкость подхода / отхода.
    - 4.1.1. **Разделить гориз./ верт.** горизонтальные области будут обработаны методом по поверхности, а вертикальные с постоянным шагом вниз по Z.
    - 4.1.2. Все области по поверхности и горизонтальные, и вертикальные области обрабатываются одинаковым методом по поверхности.
    - 4.1.3. Только гориз. по поверхности обрабатываются только горизонтальные области, методом По поверхности.
    - 4.1.4. **Верт.**+ все по поверхности все области будут обработаны методом по поверхности. Кроме того, вертикальные области будут обработаны также методом постоянного шага вниз по Z.
  - 4.2. По спирали перемещения инструмента выполняются по спирали.
    - 4.2.1. Разделить гориз./ верт. (см 4.1.1.)
    - 4.2.2. Все области по поверхности (см 4.1.2.)
    - 4.2.3. Только гориз. по поверхности (см 4.1.3.)
    - 4.2.4. Верт.+ все по поверхности (см 4.1.4.)
  - 4.3. **Только верт. области** обрабатываются только вертикальные области методом постоянного шага вниз по Z.
  - 4.4. Быстрый подбор автоматический подбор в процедуре.
- 5. **Обработка углов** обработка одним проходом по всем внутренним острым углам в детали, для которых радиус кривизны поверхности меньше, чем радиус инструмента. Результатом этой процедуры является очистка и сглаживание углов.

- 5.1. **Обработка углов** обработка в один проход вдоль всех внутренних острых углов (стыков между поверхностями), а также всех областей с радиусом кривизны меньшим, чем радиус инструмента.
- 5.2. **Q-Обработка углов** отличие от обычной процедуры обработки углов заключается в задании меньшего числа параметров, что ускоряет программирование обработки.
- 6. Сверление создание стандартных циклов для сверлильных операций.
  - 6.1. Сверление 3х технология сверления может создаваться с учетом 3-х осей.
- 7. По линиям потока фрезерование поверхностей вдоль параметрических кривых.
  - 7.1. **Наводящая поверхность 3-х** создание 3-х осевых перемещений инструмента вдоль параметрических кривых, принадлежащих указанной наводящей поверхности и спроецированных на обрабатываемые поверхности.
  - 7.2. Обрабатываемая поверхность 3-х создание 3-х осевых перемещений инструмента для обработки цепочки смежных поверхностей вдоль их собственных параметрических кривых.
  - 7.3. Линейчатая поверхность 3-х создание последовательности сцепленных линейчатых поверхностей по двум контурам, и последующее фрезерование этих поверхностей вдоль их собственных параметрических кривых с применением 3-х координатной обработки.

## Метод 4-х координатной обработки

*4-х осевое фрезерование* – инструмент может изменять наклон своей оси в одном направлении и перемещаться в пространстве XYZ.

При 4-х координатной обработке, появились возможности чистовой обработки наклонных и сферических поверхностей. В таблице 3 показаны только появившиеся новые технологии. Условные обозначения известных процедур не показаны.

]	Главный выбор	Дополнительный выбор	Стратегия обработки
2.	Контурное фре- зерование	4. 3D профиль 4x	
4.	Подбор	2. Параллельно	<ol> <li>Горизонтально/Вертикально раздельно</li> <li>Гориз. /Вертик. раздельно</li> <li>Все области на поверхности</li> <li>Все Обл. на поверхности</li> <li>Только горизонтальные на поверхности</li> <li>Только Гориз. на</li> <li>Вертикальные, а также все на поверхности</li> <li>Верт.+Все на пов-ти</li> </ol>
6.	Сверление	2. Сверление 4х	
7.	По линиям по- тока	2. Наводящая поверхность 4x Наводящая поверхн. 4x	

Таблица 3 – Процедуры, доступные при 4-х координатной обработке

4. Поверхность	детали 4х
Повер 🚫 Повер	и 4х
6. Линейчатая п	оверхность 4х
🥌 Линей 4x	и.поверхн

Опишем технологии, появившееся при 4-х координатной обработке.

# 2. Контурное фрезерование

- 2.4. **3D Профиль 4x** создание 4-х координатных перемещений инструмента, которые следуют 2D или 3D контуру, со справочными поверхностями или без них. Эта функция является идеальным средством для обработки верха ребер, которые заданы только их верхними контурами, а также для обработки 4-х координатных пазов
- 4. Подбор
  - 4.2. Параллельно перемещения инструмента выполняются параллельными проходами.
    - 4.2.1. **Разделить гориз./ верт.** горизонтальные области будут обработаны методом по поверхности, а вертикальные с постоянным шагом вниз по Z.
    - 4.2.2. Все области по поверхности и горизонтальные, и вертикальные области обрабатываются одинаковым методом по поверхности.
    - 4.2.3. Только гориз. по поверхности обрабатываются только горизонтальные области, методом По поверхности.
    - 4.2.4. **Верт.**+ все по поверхности все области будут обработаны методом по поверхности. Кроме того, вертикальные области будут обработаны также методом постоянного шага вниз по Z.
- 6. Сверление
  - 6.2. Сверление 4-х (см. 6.1. в 3-х корд. обработке применительно к 4-м осям).
- 7. По линиям потока фрезерование поверхностей вдоль параметрических кривых.
  - 7.2. Наводящая поверхность 4-х (см. 7.1. в 3-х координатной обработке применительно к 4-м осям).
  - 7.4. Обрабатываемая поверхность 4-х (см. 7.2. в 3-х координатной обработке применительно к 4-м осям).
  - 7.6. **Линейчатая поверхность 4-х** (см. 7.3. в 3-х корд координатной обработке применительно к 4-м осям).

# Метод 5-ти координатной обработки

5-ти осевое фрезерование – инструмент может изменять наклон своей оси в любом направлении и перемещаться в пространстве XYZ.

При 5-ти координатной обработке, появились возможности чистовой обработки более сложных наклонных и сферических поверхностей, по сравнению с 4-х координатной. Появилась новая технология – 5х Обрезка.

В таблице 4 показаны новые процедуры (выделены курсивом). Условные обозначения процедур, доступных ранее не показаны.

Гл	авный выбор	Дополнительный	Стратегия обработки
		выбор	
2.	Контурное фре-	5.3D профиль 5х	
	зерование	<mark> З</mark> D Профиль 5х	
		6. 5x Обрезка	
		😪 5х Обрезка	

Таблица 4 – Процедуры, доступные при 5-ти координатной обработке

6.	Сверление	3. Сверление 5x
7.	По линиям по- тока	3. Наводящая поверхность 5х Наводящая поверхн. 5х
		6. Поверхность детали 5х Коловерхность детали 5х
		9. Линейчатая поверхность 5х Линейч. поверхн 5х

Опишем процедуры, появившиеся при 5-ти координатной обработке.

- 2. Контурное фрезерование
  - 2.5. ЗД Профиль 5х (см. 2.4. в 4-х координатной обработке применительно к 5-ти осям).
  - 2.6. **5х Обрезка** обрезка кромок поверхности после процесса вакуумного формования, глубокого выдавливания деталей из листового металла и сложных ламинированных деталей.
- 6. Сверление
  - 6.3. Сверление 5-х (см. 6.1. в 3-х координатной обработке применительно к 5-ти осям).
- 7. По линиям потока
  - 7.3. Наводящая поверхность 5-х (см. 7.1. в 3-х координатной обработке применительно к 5-ти осям).
  - 7.6. Обрабатываемая поверхность 5-х (см. 7.2. в 3-х координатной обработке применительно к 5-ти осям).
  - 7.9. Линейчатая поверхность 5-х (см. 7.3. в 3-х координатной обработке применительно к 5-ти осям).

Выше были рассмотрены все процедуры и технологии фрезерной обработки в системе Cimatron E 5.10. Данная классификация методов и процедур фрезерной обработки была составлена самостоятельно, на основе обработки электронной документации системы. Принципы построения траектории движения режущего инструмента для всех видов обработки идентичны. Поэтому подробно рассмотрим моделирование фрезерования типовых деталей, с которыми чаще всего приходится сталкиваться в практике.

## 1.3.5.2. Примеры фрезерования типовых деталей

# Проектирование фрезерной обработки детали, изображенной на рисунке 20.



Технология обработки состоит из двух основных этапов:

- Объемного фрезерования по спирали
- Обработка поверхности по слоям

Рассмотрим первый этап. В этот этап происходит снятие основного объема металла.

Объемное фрезерование – черновая выборка массива материала из замкнутой области, определяемой обрабатываемыми поверхностями. Обработка производится по вертикальным слоям. Черновая обработка по спирали – удаление массива материала из замкнутого региона, определяемого обрабатываемыми поверхностями.

Рисунок 20 – Модель детали

Перемещения инструмента формируются в виде спирали, если смотреть от направления +Z. Реализация процедуры показана на рисунке 21. Результат изображен на рисунке 22.



Рисунок 21 – Реализация процедуры фрезерования детали



Рисунок 22 – Результат реализации первого этапа

Второй этап – **чистовая обработка поверхности по слоям**. Происходит получистовое снятие припуска по обрабатываемым поверхностям. Фрезерование выполняется по слоям, перпендикулярным оси инструмента. Реализация процедуры показана на рисунке 23. Результат изображен на рисунке 24.



Рисунок 23 – Реализация процедуры фрезерования на втором этапе



Рисунок 24 – Результат второго этапа

#### Описание обработки в Cimatron E 5.10

Откроем документ ранее созданной 3D модели Деталь.elt из папки *Фрезерование/Пример* 1. Из среды моделирования Сimatron Е нажимаем меню **Файл/Экспорт/В** док. ЧПУ. После этого наша деталь загрузится в среде NC. В появившемся диалоге нажмем галочку – это означает подтверждение загрузки нашей детали в подсистему NC (рисунок 25).

2. В появившемся меню нажимаем кнопку Новая траектория (рисунок 26). В появившемся диалоге задаем координату плоскости безопасного перемещения инструмента и соглашаемся с выбором (рисунок 27).



Рисунок 25 – загрузка детали в подсистему NC

🍊 Cimatron E 5.10 - [Деталь_NC : M_MODE]	Создать Траекто	орию инструме 🗙	
🛃 Файл Правка Экран Окружение Технология	Траектория –		
」D ☞ 🖬 📅 🔰	Имя:	TP_MODEL	
172,40 🗾 🔷 💘 😓 🔤 🗶 🔞 😻 🖻 📴	THE.	Коорді	
Диспетчер обработки	СКП:	MODEL	
Загрузка Статус Тр/Процедура	Начальная —		
модели	×	0,	
Листримент	Y:	0,	
incipation in the second se	Z (Пл. безопаснос	70	
		1	
Траектория	Комментарий _		2
(C)	Нет Текста		
Создать Папку Траектории		e   100	
		Даўз	

Рисунок 26 – Создание траектории Рисунок 27 – Задание плоскости безопасности и метода обработки

3. Теперь необходимо задать геометрию детали. На вертикальном меню нажимаем появившуюся кнопку Создать деталь. В появившемся окне нажмем галку Рассчитать и закрыть (рисунок 28). Автоматически выделится вся деталь. (Далее операция нажатия на зеленую галочку будет называться Закрываем окно).

4. После этого необходимо задать заготовку. На вертикальном меню нажмем кнопку **Соз**дать заготовку. В появившемся окне сделаем некоторые изменения и закроем окно (рисунок 29).



Рисунок 28 – Создание формы обрабатываемой детали

Технология							Þ
Главный выбор Объемное фрезерование	Дополнительный • 🗊 По спирали			й и <sup>-</sup>	Фрезеровані • 3D •		
	-	•		R	87	<b>2</b> ]	

Рисунок 30 – Выбор процедуры и технологии фрезерования

Рисунок 29 – Определение типа и размера заготовки, поступающей на обработку

5. Теперь создаем процедуру фрезерования. Нажимаем кнопку Создать процедуру.

5.1 Выбираем операции, показанные на рисунке 30. Нажимаем кнопку Следующий шаг (синяя стрелка).

5.2 В появившемся окне необходимо выбрать инструмент. Нажмем на кнопку **Новый инструмент** (рисунок 31). Зададим тип и параметры нового инструмента.

Нажмем на зеленую галочку «Применить». Теперь мы создали инструмент, который будем использовать в данной операции. Нажимаем кнопку «Далее».

5.3 На данном этапе нужно выбрать геометрию обработки. Нажмем на кнопку Контуры и выберем контур, указанный на рисунке 32. Нажмем два раза на кнопку Выход (средняя кнопка мыши) – первый для окончания выбора первого контура, второй для окончания выбора контуров обработки. В итоге получим один контур обработки детали. Теперь нужно выбрать поверхности детали, для чего нажимаем одноименную кнопку. Нажимаем на рабочем поле программы правую кнопку мыши и выбираем Все видимые. Затем вращаем деталь и отмечаем ее основание мышкой, тем самым, снимая выделение поверхности (рисунок 33). Нажимаем дважды на кнопку Выход. Нажимаем кнопку Далее.

В появившемся меню необходимо задать параметры перемещения, как это показано на рисунке 34. Нажимаем на кнопку Сохранить и рассчитать. На экране появится траектория инструмента созданной операции (рисунок 35).



Рисунок 31 – Диалог создания и выбора инструмента для обработки

Рисунок 32 – Диалог выбора обрабатываемой геометрии



Рисунок 33 - Диалог выбора обрабатываемой геометрии (отмена выбора лишней поверхности)

Параметр	Значение	• Эквидист. и допуск	
💿 🗖 Подход и Отход		• Эквид.к пов-ти детали	0,5000 🖡
👴 Подход/Отход к конту	По Нормали	о Эквид.к пов-ти Детали	0,0000 🖡
🙍 Подход	2,0000 🖌	• Эквид. входа	5,5000 6
💿 Подход = Отходу	V	• Положение инструмен	На контуре
🍐 🖂 Плоскость безопасности		о Общая эквид, к конту	0.0000 f
🧕 Исп. пл-ть безопасност	V	Способ аппроксимаци	По допуску
🖕 Плоскость безопаснос	75,0000 🖌	Допуск Поверхности Д	0.1000 6
🧑 Внутренняя пл. безопа	Только по Z	Допуск пов. Детали2:	0 1000 6
<mark>о</mark> Только по Z	75,0000 🖌	• 🕞 Траектория Инстр-та	
🙍 Имя СКП	MODEL	• Z-Верхн.	65,5000 🖡
💿 🖂 Точки Входа и выхода		• Z-Нижн.	0.0000
🩍 Точки входа	Автомат.	• Шаг вниз	5 0000 6
💿 Угол врезания	90,0000 🖌	ап Фрез-ть финишный пр	
💿 Мин. размер врезания	0,0000 🖌	о Шаг вбок	6.0000 F
💿 DZ/Подача Нач.:	1,0000 🖌	о Обработка Углов	Внешнее скру
	1	• Направление фрезеро	Попутное
		• Напр Фрезерования	Снаружи внут
		о Очистить между прохо	<b>F</b>
		о Области	Соединить
		о Открытая Деталь	Только внешн
		о Обработка по	Область
		• Использ. оставшуюся	Г

Рисунок 34 – Диалог задания параметров обработки, перемещения инструмента и т.д.

6. Создадим новую процедуру – обработку поверхности по слоям.

6.1 Нажимаем кнопку Создать процедуру. Выбор делаем согласно рисунку 36.

6.2 Создаем новый инструмент с параметрами (рисунок 37).

6.3 Выбирая геометрию выбираем контуры и поверхности, как в предыдущей операции.6.4 Параметры перемещения задаем согласно рисунку 38.

После сделанных изменений нажимаем кнопку Рассчитать и сохранить. На экране появится траектория инструмента созданной операции и предыдущей (рисунок 39).



 Технология
 Обработка

 Обработка
 Фополнительный
 Фрезеровани

 Обработка
 Ф
 По слоям
 30

 Поверхности
 Ф
 Ф
 Ф
 Ф

Рисунок 35 – Изображение созданной траектории обработки и инструмента

Рисунок 36 – Выбор процедуры и технологии фрезерования

Инструменты и Державки	Параметр	Значение	💿 🖂 Траектория Инстр-та	
	🛛 🖂 Подход и Отход		<ul> <li>Z-Верхн.</li> </ul>	65,5000 🖌
ИЗИМен инстриа и нипистр. Диа	• Подход/Отход к конту	По Спирали	• Z-Нижн.	0,0000 ∫
Ц ЧЕРНОВАЯ Торцевая 10,00 ФРЕ 342 I. Торцева, 6.000	Радиус дуги	6,0000 🖌	🗸 Шаг вниз	1,0000 🖌
ПНЕТИМЕНИ ! Торцевая 10,00	• Подход к поверхности	Z-Верхн.	о Обработка Углов	Внешнее скру
ФРЕЗА1 Торцевая 5,000 €	🛛 🗄 🗔 Плоскость безопасности		• Направление фрезеро	Встречное
€ <b>∎</b>	• Исп.пл-ть безопасност	<b>N</b>	• Напр. Фрезерования	Снаружи внут
Gamer 5	Плоскость безопаснос	75,0000 🖌	о Открытая Деталь:	Только внешн
ā <b>↓</b> €	• Внутренняя пл. безопа	Возрастание	🐱 Направление	Вниз
Jiameter	возрастание	5,0000 🖌	о Обработка по	Слой
😹 🔟 Загризка инстримента: Библиотека инстриментов 🔹	о Имя СКП	MODEL	о Соедин. слоев-Выс. ск.	<b>N</b>
	💿 🖂 Точки Входа и выхода		🗉 🖂 Между слоями	
характеристики инструмента: Имя инструмента: Комментарий:	• Конечная точка	Автомат.	метод "между слоями	По поверхност
ПО СЛОЯМ НЕТ КОММЕНТАРИЯ Использовать державку	• Мин. размер врезания	0,0000 🖡	• Дополнительный выбо	По спирали
Инструмент   Машинные параметры   Параметры перемещения   🗶 Державка	<ul> <li>DZ/Подача Нач.:</li> </ul>	1,0000 🖌	• Наложение шагов	2D шаг вбок
Тип геометри инстр-та Торцевая со скругл. 💌	о 🖂 Эквидист. и допуск		<ul> <li>Шаг вбок</li> </ul>	1,0000 }
	• Эквид.к пов-ти детали	0,0000 🖌	• Мин. 2D Расстояние	3,3000 🖌
Диаметр 6, Режущая длина 32, № в магазине 5	💿 Эквид.к пов-ти Детали	0,0000 }	• Направление фрезеро	Встречное
Эгловой рад.   1, везоп.длина   63, число здобев   2	• Положение инструмен	На контуре	• Напр. Фрезерования	Изнутри нару
	общая эквид. к конту	0,0000 🖌	• Эквид к контуру (Черн	0,0000 ∫
1 4 20	• Способ аппроксимаци	По допуску	о 🖂 Оптимизатор	
	• Допуск Поверхности Д	0,1000 🖌	• Исп. Оптимизацию	Г
👫 🚺 🕨 🕻 🖓 Приченить	о Допуск пов. Детали2:	0,1000 🖌	🖽 Инструменты и Державки	по слоям

инструмента для обработки

Рисунок 37 – Диалог создания и выбора Рисунок 38 – Диалог задания параметров обработки, перемещения инструмента и т.д.



Рисунок 39 – Изображение созданной траектории обработки и инструмента (вместе с предыдущей)

Симуляция и Верификация	
Допустимые Процедуры         Image: Constraint of the system         Image: Constraint of the system <th>Очередность симуляции ТР_MODEL (All)</th>	Очередность симуляции ТР_MODEL (All)
<ul> <li>Верификатор • Симулятор</li> <li>Тип заготовки Текущая заг •</li> </ul>	Использовать режим запуска Имя файла заготовки cimstock.stl
Тип детали Текущая дет 💌 Допуск детали 0,001 Офсет детали 0,	Имя файла детали cimpart.stl
Тип выходного постпроцессора СС-файл 💌 П Экспорт данных без запуска Г Использовать державку	Переписать существующие файлы Автоматическое сравнение

7. После создания и расчета процедур можно выполнить симуляцию обработки. Для этого необходимо нажать кнопку Симуляция. В появившемся окне выбора процедур для симуляции нажимаем галочку (рисунок 40). Тем самым открывается программа симуляции. Нажимаем кнопку Режим симуляции, далее кнопку Старт (рисунок 41). Начинается симуляция выбранных процедур (этапы поазаны на рисунке 42).

8. Заключительным этапом является вывод управляющей программы. Нажав на кнопку **Постпроц.**, в появившемся окне (рисунок 43) нажмем галочку, откроется текст программы в текстовом редакторе «Блокнот» (рисунок 44).

Рисунок 40 – Диалог выбора процедур для симуляции



Рисунок 41 – Окно программы симуляции



Рисунок 42 – Этапы симуляции обработки



Рисунок 43 – Окно постпроцессора для генерирования управляющей программы

Рисунок 44 – Фрагмент спроектированной програм-МЫ

^

#### Проектирование фрезерной обработки детали, изображенной на рисунке 45.



Технология обработки состоит из трех основных этапов:

- Объемное фрезерование параллельно
- Объемного фрезерования по спирали
- Обработка поверхности по слоям

Рассмотрим первый этап. В этот этап происходит снятие верхней части припуска.

**Объемное фрезерование параллельно** – фрезерование, при котором проходы инструмента параллельны, если смотреть по направлению оси Z.. Происходит удаление массива материала в замкнутом регионе, определяемом внешним контуром и островами.

Реализация процедуры показана на рисунке 46, результат изображен на рисунке 47.



Рисунок 46 – Схема перемещения инструмента

Рисунок 47 – Итог процедуры

Второй этап. **Объемное фрезерование** – черновая выборка массива материала из замкнутой области, определяемой обрабатываемыми поверхностями. Обработка производится по вертикальным слоям. **Черновая обработка по спирали** – удаление массива материала из замкнутого региона, определяемого обрабатываемыми поверхностями. Перемещения инструмента формируются в виде спирали, если смотреть от направления +Z. Реализация процедуры показана на рисунке 48 Результат изображен на рисунке 49.

Третий этап – **чистовая обработка поверхности по слоям**. Происходит чистовое снятие припуска по обрабатываемым поверхностям. Фрезерование выполняется по слоям, перпендикулярным оси инструмента. Реализация процедуры показана на рисунке 50.



Рисунок 48 – Линии перемещения инструмента

Рисунок 49 – Итог процедуры



Рисунок 50 – Линии перемещения инструмента

Рисунок 51 – Диалог загрузки модели

## Моделирование обработки в Cimatron E 5.10

1. Откроем документ Деталь.elt из папки *Фрезерование/Пример 2*. Из среды моделирования Cimatron E 5.10 нажимаем меню **Файл/Экспорт/В док. ЧПУ**. После этого наша деталь загрузится в среде NC. В появившемся диалоге нажмем галочку – это означает подтверждение загрузки нашей детали в подсистему NC (рисунок 51).

2. В появившемся меню нажимаем кнопку **Новая траектория** (рисунок 52). В появившемся диалоге задаем координату плоскости безопасного перемещения инструмента и соглашаемся с выбором (рисунок 53).

🍊 Cimatron E 5.10 - [Деталь_NC : M_MODE]	Создать Траект	орию инструме 🗙	
<ul> <li>Файл Правка Экран Окружение Технология У1</li> <li>□ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □ □</li></ul>	Траектория - Имя: Тип: СКП: Начальная Х: Ү: Z (Пл. безопаснос	ТР_МОДЕL 3-х Коорд Ф МОДЕL Ф 0. 0. 0. 50, С. С. С. С. С. С. С. С. С. С.	+
Граектория	Комментарий		
Создать Папку Траектории	Нет Текста		

Рисунок 52 - Создание траектории

Рисунок 53 – Указание плоскости безопасности

3. Теперь необходимо задать геометрию детали. Нажимаем появившуюся кнопку Создать деталь. В появившемся окне нажмем галку Рассчитать и закрыть (рисунок 54). Автоматически выделится вся деталь. Далее операция нажатия на зеленую галочку будет называться Закрываем окно.

4. После этого необходимо задать заготовку. Нажмем кнопку Создать заготовку. В появившемся окне сделаем некоторые изменения и закроем окно (рисунок 55).

Деталь	Начальная заготовка
Тип детали Поверхности  Предв. просмотр  Прозрачность  Справочн. размер де  Х 100,  Автопросмотр  У 80,  С 2 35,  Выбранная геометрия Макс.2  0.	Тип заготовки Паралл-пед Предв.просмотр + Прозрачность Справочн.размер за ↓ 100, ✓ Автопросмотр Y 80, ▲ @ @ Z 40, Информация о параллелепиледе иберите парал.п.*
Число отмеченных пов-тей Отмечено вручную 31 Отмечено покритерию 0 Отмечено пов-тей (всег(31 іосстановить выбо	Первый угол Второй угол Х [0, Х 100, Х 100, Х 100, Х 2] У [0, Z ]0, Z ]40, Х 2]
Дата создания 12.3.2005	Дата создания 12.3.2005
Расбитать и закрыть	Расчитать и закрыть



Технология							
Главный выбор Объемное фрезерование	Дополнительный • 🚍 Паралллельно			ій пьно	Фрезерован. • 2D •		
	<b>*</b>	•		c	<b>8</b> 3	<b>2</b>	

Рисунок 56 – Диалог выбора процедуры и техноло-

гии

Рисунок 55 – Диалог создания детали

5. Теперь создаем процедуру фрезерования. Нажимаем кнопку Создать процедуру.

5.1 Выбираем операции, показанные на рисунке 56. Нажимаем кнопку Следующий шаг (синяя стрелка).

5.2 В появившемся окне необходимо выбрать инструмент. Нажмем на кнопку

Новый инструмент. Зададим тип и параметры нового инструмента (рисунок 57). Нажмем на зеленую галочку Применить. Теперь мы создали инструмент, который будем использовать в данной операции. Нажимаем кнопку далее.

5.3 На данном этапе нужно выбрать геометрию обработки. Нажмем на кнопку Контуры и выберем контур, указанный на рисунке 58. Нажмем два раза на кнопку Выход (средняя кнопка мыши) – первый для окончания выбора первого контура, второй для окончания выбора контуров обработки. В итоге получим один контур обработки детали. Нажимаем дважды на кнопку Выход. Нажимаем кнопку Далее.

5.4 В появившемся меню необходимо задать параметры перемещения, как это показано на рисунке 59. Нажимаем на кнопку Сохранить и рассчитать. На экране появится траектория инструмента созданной операции (рисунок 60).

Инструменты и Державки	
Наимен, инстр-та И Тип инст НЕТ ИМЕНИ ! Торцева ЧИСТОВАЯ ! Торцева ВНУТР ! Шаровая	<u>тр. Диа</u> ая 10,00 а 5,000 я 5,000
S	Вагрузка инструмента: Библиотека инструментов •
Характеристики инструмента. Имя инструмента: Ком [ЧЕРНОВАЯ] [НЕ	иментарий: ТКОММЕНТАРИЯ ГИспользовать державку
Инструмент Машинные парам	метры   Параметры перемещения   🗶 Державка
Тип геометри инстр-та Тори	цевая 💌
Диаметр 10, Режуш Угловой рад. 0, Безоп Угол заостр. 0, Расче	щая длина 15, № в магазине 4 п.длина 30, Число зубьев 2 етная длина 100,
	<ul> <li>Карана</li> <li>Карана</li></ul>

Рисунок 57 – Диалог выбора и создания инструмента



Рисунок 58 – Выбор контура обработки

Параметр	Значение	💿 🖂 Траектория Инстр-та	
👌 🖂 Плоскость безопасности	1	• Z-Верхн.	38,0000 🖌
🙍 Исп. пл-ть безопасност	<b>V</b>	<mark>о</mark> Z-Нижн.	35,0000 🖌
о Плоскость безопаснос	50,0000	🖌 💿 Шаг вниз	5,0000 🖌
о Внутренняя пл.безопа	Только по Z	о Фрез-ть финишный пр	Г
о Только по Z	50,0000	• Шаг вбок	6,0000 🖌
• Имя СКП	MODEL	о Обработка Углов	Скруглить Уго
💿 🗖 Точки Входа и выхода		• Направления резания	В Обоих Напр
• Точки входа	Автомат.	• Смена нач.стороны	Перевернуть
о Мин.размер врезания	0,0000	🖡 👘 о Фрезерование под угл	0,0000
о DZ/Подача Нач.:	1,0000	🛛 🖂 Оптимизатор	
🛛 🖂 Эквидист. и допуск		• Исп. Оптимизацию	Γ
о Эквид.к контуру (Черн	0,0000	F	l deg
• Положение инструмен	На контуре		
о Общая эквид. к конту	0,0000	f	
ь Контурный допуск	0,1000	f	

Рисунок 59 – Диалог задания параметров перемещения инструмента

6. Создадим новую процедуру – обработку поверхности по слоям.

6.1 Нажимаем кнопку Создать процедуру. Выбор делаем согласно рисунку 61.

6.2 Создаем новый инструмент с параметрами (рисунок 62).

6.3 При выборе геометрии выбираем контуры согласно рисунку 63. Нажимаем дважды кнопку выход. Поверхности детали выбираем все видимые (рисунок 64).

6.4 Параметры перемещения задаем согласно рисунку 65.

После сделанных изменений нажимаем кнопку Рассчитать и сохранить. На экране появится траектория инструмента созданной операции (рисунок 66).



авный выбор Объемное Фрезерование	- 📮	олнит По с	ельный спирали	•	Ppesepoe 3D	iani T	
	<b>.</b>	•			<b>1</b> 37 <u>X</u> 1	]	

Рисунок 61 – Выбор процедуры обработки

Рисунок 62 – Создание инструмента

R 🔹 🕨

🔩 🎑 Прічмен

R 🖳 🔊



Рисунок 63 – Задание контура обработки



Рисунок 64 – Выбор обрабатываемых поверхностей

Параметр	Значение	💿 🖂 Траектория Инстр-та	
🧧 🖂 Подход и Отход		🛛 🧑 Z-Верхн.	35,0000
о Подход/Отход к конту	По Нормали	<ul> <li>Z-Нижн.</li> </ul>	10,0000
• Подход	2,0000	🖁 👝 Шаг вниз	3,0000
о Подход = Отходу	V	о Фрез-ть финишный пр	<b>1</b> 0
о Подход к поверхности	Касательно	• Шаг вбок	3,6000
• Радиус дуги	5,0000	🖡 👘 Обработка Углов	Внешнее скру
о 🖂 Плоскость безопасности	(	Направление фрезеро	Попутное
о Исп.пл-ть безопасност	<b>N</b>	• Напр. Фрезерования	Изнутри нару
о Плоскость безопаснос	50,0000	Я Очистить между прохо	ম
• Внутренняя пл.безопа	Возрастание	• Открытая Деталь:	Нет
• Возрастание	5,0000	Обработка по	Область
• Имя СКП	MODEL	Использ. оставшуюся	E.
🛛 🖯 Точки Входа и выхода		• Между слоями	
• Точки входа	Автомат.	• Метод "между слоями	Горизонтально
💿 Угол врезания	90,0000	Дополнительный выбо	По спирали
о Мин. размер врезания	0,0000,0	🖁 🚽 Шаг вбок	0,5000
о DZ/Подача Нач.:	5,0000	Предельн. угол	60,0000
🛛 🖻 Эквидист. и допуск		• Направление фрезеро	Попутное
• Эквид.к пов-ти детали	0,0000, 0	Напр. Фрезерования	Изнутри нару
💿 Эквид.к пов-ти Детали	0,0000, 0	f 🛛 🖂 Оптимизатор	
о Положение инструмен	Внутри	Исп. Оптимизацию	<b>N</b>
о Общая эквид. к конту	0,1000	Восстановить выбор	Восстановить
о Способ аппроксимаци	По допуску	•Безопасн. расст-е	5,0000
о Допуск Поверхности Д	0,1000	Безоп диаметр (%)	5,0000
о Допуск пов. Детали2:	0,1000	Контроль зарез.на хол.	R
		Опции ускор. перемещ	Все через пл.
		• Убрать перемещения	F
		обраб.с огранич.Z	Г



Рисунок 66 – Траектория движения инструмента

Рисунок 65 – Задание параметров перемещения инструмента

Технология							
Главный выбор	Дor	юлнит	ельны	ă	Фре	зеров	ань
Обработка Поверхности		По	слоям		•	3D	*
	<b>.</b>	•		C	87	2	1

Рисунок 67 – Выбор процедуры

7. Создадим новую процедуру – обработку поверхности по слоям.

- 7.1 Нажимаем кнопку Создать процедуру. Выбор делаем согласно рисунку 67.
- 7.2 Создаем новый инструмент с параметрами (рисунок 68).
- 7.3 Геометрию обработки выбираем аналогично предыдущей операции.

7.4 Параметры перемещения задаем согласно рисунку 69.

После сделанных изменений нажимаем кнопку Рассчитать и сохранить. На экране появится траектория инструмента созданной операции и предыдущей (рисунок 70).

Инстрискиты и Лормарии	Параметр	Значение	🜼 🖂 Траектория Инстр-та	
инструменты и державки	💿 🗖 Подход и Отход		• Z-Верхн.	35,0000 🕽
Наимен. инстр-та И Тип инстр. Диаг	• Подход/Отход к конту	Касательно	<mark>о</mark> Z-Нижн.	10,0000 🖌
🗍 НЕТ ИМЕНИ ! Торцевая 10,00	<mark>о</mark> Радиус дуги	5,0000	🖕 Шагвниз	1,0000
U VICTOBAR I Topuesa 5,000	🐞 Подход к поверхности	Касательно	обработка Углов	Внешнее скру
	Радиус дуги	5,0000 📘	• Направление фрезеро	Попутное
	🧿 🗖 Плоскость безопасности		🙍 Напр. Фрезерования	Изнутри нару
agt	о Исп.пл-ть безопасност	$\overline{\mathbf{v}}$	открытая Деталь:	Нет
tan an a	о Плоскость безопаснос	50,0000 🥤	• Направление	Вниз
leal lead	• Внутренняя пл.безопа	Возрастание	о Обработка по	Слой
E Corner O	е Возрастание	5,0000 🤳	Соедин.слоев-Выс.ск.	Г
Diameter	• Имя СКП	MODEL	💿 🖂 Между слоями	
	🌼 🖂 Точки Входа и выхода		• Метод "между слоями	Горизонтально
	• Конечная точка	Автомат.	• Дополнительный выбо	По спирали
Загрузка инструмента. Виолиотека инструментов 🕈	💿 Мин.размер врезания	0,0000 🧴	🖕 Шаг вбок	0,5000 🖌
Характеристики инструмента:	• DZ/Подача Нач.:	5,0000 👤	💿 Предельн. угол	60,0000 🖌
Имя инструмента: Комментарий:	💿 🗖 Эквидист. и допуск		• Направление фрезеро	Попутное
ЧИСТОВАЯ   НЕТ КОММЕНТАРИЯ   Использовать державку	о Эквид.к пов-ти детали	0,0000,0	👲 Напр. Фрезерования	Снаружи внут
Инструмент   Машинные параметры   Параметры перемещения   🗶 Державка	💿 Эквид.к пов-ти Детали	0,0000,0	• Наложение по	Заданная дли
	• Положение инструмен	Внутри	🖉 Длина перекрытия	1,5000 🖌
Тип геометри инстр-та   Торцевая со скругл. 💌	💿 Общая эквид. к конту	0,0000 📘	💩 Эквидист. к стенкам	0,0000 J
	о Способ аппроксимаци	По допуску	🙍 Порядок обработки	Слои, выше го
диаметр 15, Режущая длина 150, К-в магазине 15	🛛 🗖 Допуск Поверхности Д	0,1000 🤦	• 🖂 Оптимизатор	
Угловой рад.  1, Безоп.длина  50, Число зубьев  2	💿 Допуск пов. Детали2:	0,1000	🙍 Исп. Оптимизацию	<b>N</b>
Угол заостр.  0, Расчетная длина  100,			• Восстановить выбор	Восстановить
			👲 Безопасн. расст-е	5,0000
1 🗶 🗖			👨 Безоп. диаметр (%)	5,0000
			•Контроль зарез на хол	N
😪 🕢 🕨 🎜 🖓 Применить			🐻 Опции ускор. перемещ	Все через пл.
			- VEner Bonotiousour	-

Рисунок 68 – Диалог создания инструмента

Рисунок 69 – Параметры перемещения инструмента

8. После создания и расчета процедур можно выполнить симуляцию обработки (см. предыдущий пример). Этапы симуляции выбранных процедур показаны на рисунке 71.

9. Заключительный этап – вывод текста программы, который можно получить, как описано в предыдущем примере.



Рисунок 70 – Траектория инструмента процедуры по слоям (вид сверху)



Рисунок 71 – Этапы симуляции обработки

## Проектирование фрезерной обработки детали на рисунке 72.



Рисунок 72 – Модель обрабатываемой детали



Рисунок 73 – Реализация процедуры

Технология обработки состоит из двух основных этапов:

- Объемное фрезерование с заготовкой по спирали
- Объемное фрезерование с заготовкой по спирали (чистовая операция)

Рассмотрим первый этап. Черновая обработка с заготовкой по спирали – удаление массива материала из замкнутого региона, определяемого обрабатываемыми поверхностями. Обработка производится по вертикальным слоям. Реализация процедуры на рисунке 73, результат – 74.



Рисунок 74 – Результат процедуры

Вторая операция аналогична первой, только задается другой инструмент, параметры движения инструмента.



Рисунок 75 – Загрузка модели

#### Моделирование обработки в Cimatron E 5.10

1. Откроем документ Деталь.elt из папки Фрезерование/Пример 3. Из среды моделирования Cimatron Е нажимаем меню Файл/Экспорт/В док. ЧПУ. После этого наша деталь загрузится в среде NC. В появившемся диалоге нажмем галочку – это означает подтверждение загрузки нашей детали в подсистему NC (рисунок 75).

2. В появившемся меню нажимаем кнопку **Новая траектория** (рисунок 76). В появившемся диалоге задаем координату плоскости безопасного перемещения инструмента и соглашаемся с выбором (рисунок 77).

🛃 Файл Правка Экран Окружение Технология Ут Траектория	заекторию инструме 🔀
Имя: ТР_МОDEL Тип: Закорди Статус Тр/Процедура Имя: ПР_МОDEL Тип: Закорди СКП: МОDEL Комментарий Нечальная Х. 0. 2 (Пл. безопаснос 50. 2 (Пл. безопаснос 50. 3 (Пл. безопаснос 50. 4 (Пл. безопа	

Рисунок 76 – Создание траектории

Рисунок 77 - Создание плоскости безопасности

3. Теперь необходимо задать геометрию детали. Нажимаем появившуюся кнопку Создать деталь. В появившемся окне нажмем галку Рассчитать и закрыть (рисунок 78). Автоматически выделится вся деталь. Далее операция нажатия на зеленую галочку будет называться Закрываем окно.

4. После этого необходимо задать заготовку. Нажмем кнопку Создать заготовку. В появившемся окне сделаем некоторые изменения и закроем окно (рисунок 79).

Деталь	Начальная заготовка
Тип детали Поверхности Предв. просмотр + Прозрачность - Справочн. размер де X 100, Катопросмотр Y 80,	Тип заготовки Паралл-пед  Предв.просмотр    Провачность    Справочн.размер за
Выбранная геометрия           Макс.2           Инн. 2           О,	
Писла отличенных повтей Отмечено вручную 59 Отмечено по критерию 0 Отмечено пов-тей (всегс59 косстановить выбо	
Дата создания 14.3.2005 Создания 14.3.2005 Расбитать и закрыть	Расбитать и закрыть

Рисунок 78 – Задание модели



Рисунок 80 – Задание процедуры обработки

Рисунок 79 – Задание типа и размера заготовки

5. Теперь создаем процедуру фрезерования. Нажимаем кнопку Создать процедуру.

5.1 Выбираем операции, показанные на рисунке 80. Нажимаем кнопку Следующий шаг (синяя стрелка). 5.2 В появившемся окне необходимо выбрать инструмент. Создадим новый. Нажмем на кнопку **Новый инструмент**. Зададим тип и параметры нового инструмента (рисунок 81). Нажмем на зеленую галочку Применить. Теперь мы создали инструмент, который будем использовать в данной операции. Нажимаем кнопку далее.

5.3 На данном этапе нужно выбрать геометрию обработки. Нажмем на кнопку Контуры и выберем контур, указанный на рисунке 82. Нажмем два раза на кнопку Выход (средняя кнопка мыши) – первый для окончания выбора первого контура, второй для окончания выбора контуров обработки. В итоге получим один контур обработки детали. Нажимаем дважды на кнопку Выход. Нажимаем кнопку Далее. При выборе поверхностей деталей выбираем Все видимые (правая кнопка мыши) как на рисунке 83.

Инструменты и Держ	авки	X
Наимен. инстр-та И 1 НЕТ ИМЕНИ 1 ЧЕРН ! 1 ЧЕРНОВАЯ 1 ЧИСТОВАЯ ! Ц	Гип инстр. Диаг Горцевая 10,0( Горцевая 10,0( Горцевая 10,0( Шаровая 5,00(	Cut Length Clear Length
<		
	Загрузка инс	струмента: Библиотека инструментов 🝷
Характеристики инструме Имя инструмента:  ЧЕРНОВАЯ	ента: Комментарий: НЕТ КОММЕН	IТАРИЯ 🔽 Использовать державку
Инструмент Машинны	е параметры   Пар	раметры перемещения 🗱 Державка 🛛
Тип геометри инстр-та	Торцевая	•
Диаметр 10, Угловой рад. 0, Угол заостр. 0,	Режущая длина Безоп.длина Расчетная длина	30,         № в магазине         5           40,         Число зубьев         2           а         100,
2	ma	Применить
	<b>◎</b> 😽 🖣	

Рисунок 81 – Диалог задания инструмента

5.4 В появившемся меню необходимо задать параметры перемещения, как это показано на рисунке 84. Нажимаем на кнопку Сохранить и рассчитать. На экране появится траектория инструмента созданной операции (рисунок 85)

Геометрия	Контуры
	Положение инструмента Наконтуре 💌 Эквидист. к 0,
Контуры О Поверхности детали 59 Поверхность детали 2 О	Просморите « » контуры для 1 Параметры для 1

Рисунок 82 – Задание контура обработки

Геометрия	1		
	Сначение	1	все видимые По критерию Отмена критериев
Контуры Поверхности детали	59		Восстановить выбор Закончить выбор
Поверхность детали 2			
Re ( )			Al I

Рисунок 83 – Задание обрабатываемых поверхностей

 Создадим новую процедуру

 обработку поверхности по слоям.

6.1 Нажимаем кнопку Создать процедуру. Выбор делаем согласно рисунку 85.

6.2 Создаем новый инструмент с параметрами (рисунок 86).

6.3 При выборе геометрии выбираем контуры и поверхности детали согласно предыдущей операции.

6.4 Параметры перемещения задаем согласно рисунку 87. После сделанных изменений нажимаем кнопку **Рассчитать и сохранить**. На экране появится траектория инструмента новой операции (рисунок 88).

Параметр	Значение	о 🖂 Траектория Инстр-та	
💿 🗖 Подход и Отход		• Z-Верхн.	40,5000 🖌
👵 Подход/Отход к конту	По Нормали	• Z-Нижн.	10,0000 🖌
🧧 Подход	0,0000 🖌	о Шаг вниз	5,0000 }
👝 Подход = Отходу	V	о Фрез-ть финишный пр	Г
🍬 🖃 Плоскость безопасности		о Шаг вбок	5,0000 }
🤞 Исп. пл-ть безопасност	<b>V</b>	• Обработка Углов	Внешнее скру
о Плоскость безопаснос	50,0000 🖇	• Направление фрезеро	Попутное
🧧 Внутренняя пл. безопа	Только по Z	• Напр. Фрезерования	Снаружи внут
😐 Только по Z	50,0000 🖌	• Области	Соединить
🧕 Имя СКП	MODEL	о Открытая Деталь:	Только внешн
💿 🗖 Точки Входа и выхода		• Свертывание	Область
•Точки входа	Автомат.	о Обработка по	Область
🧿 Угол врезания	45,0000 🖌	• Использ. оставшуюся	Г
🤟 Мин. размер врезания	0,0000 🖌	• 🖂 Между слоями	
🤒 Макс. Радиус врезани	4,8000 🖌	• Метод "между слоями	Нет
👴 DZ/Подача Нач.:	5,0000 🖌	• 🕞 Оптимизатор	
💩 🗖 Эквидист. и допуск		Исп. Оптимизацию	2
🧔 Эквид.к пов-ти детали	0,5000 🖌	• Восстановить выбор	Восстановить
🧕 Эквид.к пов-ти Детали	0,0000 🖌	• Безопасн. расст-е	15,0000
💊 Эквид. входа	5,5000 🖌	•Безоп.диаметр (%)	20,0000
о Положение инструмен	На контуре	• Контроль зарез на хол	<b>N</b>
🤞 Общая эквид. к конту	0,0000 J	• Опции ускор. перемещ	Все через пл.
😼 Способ аппроксимаци	По допуску	• Убрать перемещения	Γ.
🖕 Допуск Поверхности Д	0,1000 🖌	о Обраб. с огранич. Z	Γ
о Допуск пов. Детали2:	0,1000 🖌	• Нагрузка на инструме	Г
		• Контроль зарез держа	Г
		Инструменты и Державки	<b>HEPHOBAR</b>

Рисунок 84 – Задание параметров перемещения инструмента



Рисунок 85 – Траектория движения инструмента



Рисунок 86 – Выбор процедуры обработки

	Параметр	Значение	🛛 🖂 Траектория Инстр-та	
инструменты и державки 🚺	🛛 🖂 Подход и Отход	,	<ul> <li>Z-Верхн.</li> </ul>	40,5000 🖌
Наимен, инстр-та И Тип инстр. Диаг	о Подход/Отход к конту	По Нормали	о Z-Нижн.	10,0000 🖌
П НЕТ ИМЕНИ Торцевая 10,00	о Подход	0,0000 🖌	🐞 Шаг вниз	1,5000 🖌
ЦЧЕРН ! Торцевая 10,00	🧑 Подход = Отходу	<b>v</b>	💿 Фрез-ть финишный пр	Γ
	• Подход к поверхности	Z-Верхн.	о Шаг вбок	1,5000 🖌
	🛛 🖻 Плоскость безопасности		о Обработка Углов	Внешнее скру
l fe	о Исп.пл-ть безопасност	<b>N</b>	Направление фрезеро	Попутное
Ę <b>F</b> a	о Плоскость безопаснос	50,0000 🖌	6 Напр. Фрезерования	Снаружи внут
	о Внутренняя пл. безопа	Только по Z	о Области	Соединить
	о Только по Z	50,0000 🖌	о Открытая Деталь:	Только внешн
	• Имя СКП	MODEL	о Свертывание	Область
	🖕 🖂 Точки Входа и выхода		о Обработка по	Область
	<mark>е</mark> Точки входа	Автомат.	• Использ. оставшуюся	2
Загрузка инструмента: Библиотека инструментов •	<mark>о</mark> Угол врезания	45,0000 🖌	💿 Мин. ширина загот.	0,0000 J
Характеристики инструмента:	о Мин. размер врезания	0,0000 🖌	• 🖃 Между слоями	
Имя инструмента: Комментарий:	• Макс. Радиус врезани	2,4000 🖌	• Метод "между слоями	Горизонтал 🔻
ЧИСТОВАЯ НЕТ КОММЕНТАРИЯ Использовать державку	о DZ/Подача Нач.:	5,0000 🖌	• Дополнительный выбо	По спирали
Инструмент   Машинные параметры   Параметры перемещения   🗶 Державка	🜼 🖂 Эквидист. и допуск		• Шаг вбок	1,5000 🖌
	о Эквид.к пов-ти детали	0,0000 🖌	🐻 Предельн. угол	30,0000 🖌
Тип геометри инстр-та Шаровая Торцевая 💌	🧧 Эквид.к пов-ти Детали	0,0000 🖌	• Направление фрезеро	Попутное
	🧧 Эквид. входа	5,0000 🖌	• Напр. Фрезерования	Снаружи внут
Диаметр  5, Режущая длина  30, № в магазине  5	о Положение инструмен	На контуре	👳 🗖 Оптимизатор	
Угловой рад.  2,5 Безоп.длина  40, Число зубьев  2	о Общая эквид. к конту	0,0000 🖌	о Исп. Оптимизацию	2
Угол заостр. 0, Расчетная длина 100,	о Способ аппроксимаци	По допуску	😼 Восстановить выбор	Восстановить
	о Допуск Поверхности Д	0,1000 🖌	Безопасн. расст-е	15,0000
1 2 2	о Допуск пов. Детали2:	0,1000 🖌	• Безоп.диаметр (%)	20,0000
			👩 Контроль зарез на хол	R
Применить			о Опции ускор. перемещ	Все через пл.
			- VEnati Banamamanua	-

Рисунок 87 – Создание инструмента

Рисунок 88 – Задание параметров перемещения инструмента



Рисунок 89 – Траектория движения инструмента

На рисунке 89 видны перемещения инструмента при выполнении обеих процедур.



Рисунок 90 – Траектория инструмента после расчета обеих процедур

7. Симуляция и вывод управляющей программы выполняется аналогично предыдущим примерам. Этапы обработки показаны на рисунке 91.



Рисунок 91 – Этапы симуляции обработки детали

#### Проектирование фрезерования отверстий в детали на рисунке 92

1. Допуская, что заготовка поступает в виде, изображенном на рисунке 93, необходимо ее создать.



1.2 В появившемся

диалоге

инстру-

координату

меню нажимаем кнопку Новая траектория, в

плоскости безопасного

мента (любое значение)

появившемся

перемещения

задаем

мянутые

Рисунок 92 – Модель детали

1.1 Откроем документ Заготовка.elt из папки Фрезе*рование/Пример* 4. Из среды моделирования Cimatron E нажимаем меню Файл/Экспорт/В док. ЧПУ. После этого наша деталь загрузится в среде NC. В появившемся диалоге нажмем галочку - это означает подтверждение загрузки нашей детали в подсистему NC (рисунок 94).

Начальная заготов	ка 🛛 🚺
Тип заготовки Пови Предв.просмотр + Прозрачность Пред Из ф Автопросмот Из ф	ерхности    рокности  уры алл-пед дельн. паралл-пед У 50,  Z 35,
Выбранная геометрия Макс.Z Мин. Z	35, 0, <b>ў</b> Перевычислить
Эквидистанта Число отмеченных пол Отмечено вручную Отмечено по критери Отмечено пов-тей (вси	0, в-тей 8 ю 0 егк8 Чосстановить выбо
Дата создания	14.3.2005
<ul> <li>✓</li> </ul>	· «

Рисунок 95 – Задание заготовки

Рисунок 93 – Модель заготовки



и соглашаемся с вы-Рисунок 94 – Загрузка модели в NC среду бором. Все вышеуполействия

выполняются как аналогичные в предыдущих примерах.

1.3 Также аналогично предыдущим примерам задаем деталь (кнопка Создать деталь).

1.4 Нажимаем кнопку Создать заготовку. Выбираем тип заготовки Поверхности (рисунок 95). Сохраняем изменения и закрываем.

1.5 В диспетчере обработки на заготовке нажимаем контекстное меню. Выбираем Оставшаяся заготовка (рисунок 96).



Оставшаяся заготовка	
Оставшаяся заготовка пос Заго-товка_2	сле процедуры:
Зкран + Пі Сохранить в	розрачность .
Сохранить Фай Имя файла:	іл заготовн 💌
Файл заготовки Комментарий	
	Поранить

Рисунок 96 – Выбор геометрии для заготовки

Рисунок 97 – Сохранение файла заготовки

В открывшемся диалоге (рисунок 97) выбираем путь для размещения файла и задаем его имя. В нашем случае имя **Файл заготовки**, место размещения – ... *Фрезерование/Пример* 4. Сохраняем изменения и закрываем окно Заготовка NC. Изменения не сохраняем.

2. Откроем документ Деталь.elt из папки *Фрезерование/Пример 4*. Из среды моделирования Cimatron E нажимаем меню **Файл/Экспорт/В** док. **ЧПУ**. После этого наша деталь загрузится в среде NC. В появившемся окне нажмем галочку, как в предыдущем случае.

Создать Траект	орию инструме 🔯	Начальная заготов	ka 🛛 🔀
Траектория –	(200 20 E	Тип заготовки Из ф	айла 💌
Имя:	TP_MODEL	Предв.просмотр	
Тип:	З-х коорд *	+ Прозрачность · 	Справочн.размер за X 51, Y 51.
СКП:	2.5 координатная • 3-х координатная 4-х координатная	Д Д Открыть файл	Z 35,
Начальная —	5-ти координатная	ием\Пример 4\Файл	і заготовки stk 🔁
X:	0, N	Первый угол	Второй угол
Y:	0, <u>1/5</u>	Y -33,3125 Y -32,53125 Z 0	X 17,6875 Y 18,46875 Z 35
Z (Пл. безопаснос	40	Передача	
Комментарий -		X 0, Y 0, Z 0,	6
Нет Текста		Дата создания	14.3.2005
			≼ 🖳 🗐

3. Нажимаем кнопку Новая траектория, изменения на рисунке 98.

4. Нажимаем кнопку Создать деталь. Задаем деталь как поверхности.

5. Нажимаем кнопку Создать заготовку. Выбираем тип заготовки Из файла. Выбираем файл созданной в п. 1.5. заго-Фрезерование/ товки Пример 4/Файл заготовки.stk. Закрываем окно (рисунок 99). 6. Нажимаем кнопку Создать процедуру, выбираем тип операции согласно рисунку 100.

Рисунок 99 – Задание траектории

Рисунок 98 – Задание заготовки

Технология	
Главный выбор	Дополнительный Фрезеровани
🌍 Сверление	👻 🚺 Сверление Зх 🔹 2D 👻
	👷 🔹 🕨 🖾 🖉

Рисунок 100 – Выбор процедуры обработки

6.1 Создаем инструмент, как показано на рисунке 101.

6.2 Следующим шагом задаем точки сверления. Задаем глубину сверления 40 мм, в поле Выбор как нажимаем Центр отв., что означает выбор центра указанной окружности, образующей отверстие. Наводим указателем мыши к окружности и указываем его левой кнопкой мыши. Появится фантом сверла (рисунок 102). Нажимаем дважды кнопку выход (ср. кн. мыши). Указание обрабатываемых отверстий может производится другим способом. В поле Выбор как выбирается пункт Указанием, в поле Размер вводится значение диаметра нужных отверстий. После этого выделяется область (выбор при нажатой левой кнопке мыши),

Инструменты и Державки	X
Наимен. инстрта И Тип инстр. НЕТ ИМЕНИ Сверло НЕТ ИМЕНИ_О Торцевая СВЕРЛО_10 ! Сверло СВЕРЛО_5 ! Сверло СВЕРЛО_5 Сверло СВЕРЛО_15 Сверло	Диат 5.00( 10.0( 10.0( 5.00( 5.00( 15.0)
	Diameter
📕 🚺 🗶 3arp	рузка инструмента: Библиотека инструментов 🔻
Характеристики инструмента: Имя инструмента: Комме [СВЕРЛО_10] НЕТ К	ентарий: КОММЕНТАРИЯ
Инструмент Машинные парамет	гры
Тип геометри инстр-та Сверле	ение
Диаметр [10, Режущая Безор ок	я длина 50, № в магазине 5
Угол при верш 118, Расчетна	ая длина 100,
a <u></u>	
ą	
Рисунок 101 – За	лание параметров инстру-

мента

содержащая отверстия. Отметятся только отверстия, имеющие заданный диаметр.

6.3 Задаем параметры перемещения инструмента, как показано на рисунке 103.

После этого сохраняем параметры и выходим, нажав на кнопку Закрыть и сохранить. На экране появится изображение сверла с траекторией движения (рисунок 104).



Рисунок 102 – Выбор точки сверления отверстия

7. Создадим процедуру сверления четырех отверстий, расположенных на гранях детали.

7.1 Параметры, показаны на рисунке 105.

7.2 Создаем новый инструмент, показанный на рисунке 107.

7.3 Следующим шагом задаем точки сверления. Так как оси отверстий расположены не по оси Z, а нормально к грани детали выбор точек будет несколько изменен.

66

Параметр	Значение
🛛 🖂 Пар-ры сверления	1
о Тип сверления	Глубокое свер
о Заходы	Γ
о Сдвиг	
<u>о</u> Выстой	Г
🩍 Обратный порядок	Г
о Порядок сверления	Гл.путь - по Х
🧧 🖂 Пар-ры глубины	
• Макс. глубина	Расчитать
🙍 Общ. тип глубины	Общая глубин
👳 Общая глубина	40,0000
о Глубина	Полный диаме
🛛 🖻 Отход после сверления	1
• Режим отхода	На исходную
о Приращ. исходн.	10,0000 🕽
💩 Приращ, отхода	1,0000 🖌
• 🕀 Инструменты и Державки	СВЕРЛО_10

Рисунок 103 – Задание параметров перемещения

Технология							×
Главный выбор ФСверление	Дог •	олнит Свеј	ельны рление	ій •5х •	Фрез •	ерован 2D	11. •
	<b>*</b>	•		C	<b>8</b> 7	<b>2</b>	

Рисунок 105 – Выбор процедуры обработки

7.3.1 Задаем глубину сверления 25 мм, в поле Выбор как нажимаем Единичная точка, что означает необходимость выбора точки, расположенной в центре окружности, образующей отверстие (точки ставятся во время построения модели детали). Нажимаем кнопку Задать (рисунок 106).

Правка точек	
Добавить 👻	
След.Глубина 25,	Режим Только отход 💌
Выбор как Единичная точі 💌	
Направление Ось Z 🚽	
	Ссылка
	Задать

Рисунок 106 – Задание точек сверления



Рисунок 104 – Изображение траектории инструмента при сверлении первого отверстия

Инструменты и Державки 🛛 🛛 🔀
Наимен. инстр.та И Тип инстр. Диа НЕТ ИМЕНИ Сверло_10 ! Сверло 5,000 СВЕРЛО_10 ! Сверло 10,00 СВЕРЛО_5 ! Сверло 5,000 СВЕРЛО_15 Сверло 15,00 Привалистрание и сверло 15,00 СВЕРЛО_15 Сверло 15,00
Совтивни         У Пагинени           Загрузка инструмента:         Библиотека инструментов           Характеристики инструмента:         Комментарий:           Имя инструмента:         Комментарий:           СВЕРЛО_5         Нет комментария           Инструмент         Машинные параметры
Тип геометри инстр-та Сверление ▼ Диаметр 5, Режущая длина 50, № в магазине 5 Безоп.длина 70,
Угол при верші і 10, Расчетная длина тор,

Рисунок 107 – Задание параметров сверла

Нажав эту кнопку мы должны выбрать плоскость, нормально к какой расположена ось будущего отверстия и , соответственно, ось перемещения инструмента.

7.3.2 Выбираем первую плоскость. Отмечаем ее левой кнопкой мышки (рисунок 108) и нажимаем один раз кнопку выход (ср. кн. мыши). 7.3.3 В активированном списке делаем изменения показанные на рисунке 109, указываем левой кнопкой мыши точку. На экране появляется фантом сверла.



Рисунок 108 – Указание плоскости, перпендикулярной оси сверления

7.3.4 Нажимаем кнопку выход. В списке точек сверления появится 1-ая.

7.3.5 Нажмем кнопку Точки сверления, откроется новое меню Правка точек, где таким же образом необходимо задать еще три точки, находящиеся на других гранях.

В итоге мы получим четыре точки сверления. В конце их задачи мы увидим точки и положение инструмента (рисунок 110).

7.4 Следующим шагом задаются параметры перемещения инструмента (рисунок 111).

7.5 После этого необходимо нажать кнопку Сохранить и рассчитать. Появится траектория перемещения инструмента (рисунок 112).



Рисунок 109 – Точка сверления отверстия на указанной плоскости и образ сверла



Рисунок 110 – Результат указания точек





Рисунок 112 – Результат расчета процедуры. На рисунке видна траектория движения инструмента

В. Последней процедурой будет сверление последнего сквозного отверстия.
 8.1 Создаем процедуру как на рисунке 113. Нажимаем кнопку далее.



Рисунок 113 – Задание процедуры обработки

8.2 Из списка выбираем инструмент **СВЕРЛО 5**. Нажимаем кнопку далее.

8.3 Нажимаем на кнопку точки сверления. Выбираем глубину сверления 30 мм, выбираем Единичная точка, нажимаем на кнопку Задать. Делаем аналогично предыдущей операции.

8.4 Следующим шагом задаются параметры перемещения инструмента (рисунок 114).

8.5 Нажимаем на кнопку **Сохранить и рассчитать**. На экране появятся все перемещения (рисунок 115).

9. Заключительным этапом является вывод текста программы. Проектирование ее про-изводится аналогично предыдущим примерам.

Параметр	Значение
🛛 🖂 Пар-ры сверления	
• Тип сверления	Глубокое свер
о Заходы	R
о Ступенька	10,0000 🖌
• Уменьшение	2,0000 🖌
<mark>е</mark> Сдвиг	E.
о Выстой	Г
👳 Обратный порядок	Г
• Порядок сверления	Гл.путь - по Х
💩 🖂 Пар-ры глубины	
о Макс. глубина	Расчитать
о Общ. тип глубины	Общая глубин
👴 Общая глубина	30,0000
•Глубина	Полный диаме
🛛 🖕 Отход после сверления	
• Режим отхода	На исходную
о Приращ. исходн.	10,0000 🖌
👴 Приращ. отхода	1,0000 }
• 🕀 Инструменты и Державки	СВЕРЛО 5

Рисунок 114 – Задание параметров перемещения инструмента



Рисунок 115 – Траектория движения инструментов при обработке всех отверстий

## Проектирование фрезерования детали, изображенной на рисунке 116



Технология обработки состоит из двух основных этапов:

- Объемное фрезерование параллельно
- По линиям потока по поверхности детали.

Рассмотрим первый этап.

Объемное фрезерование параллельно – фрезерование, при котором проходы инструмента параллельны, если смотреть по направлению оси Z.. Происходит удаление массива материала в замкнутом регионе, определяемом внешним контуром и островами.

Реализация процедуры показана на рисунке 117. Результат изображен на рисунке 118.





Рисунок 117 – Реализация обработки 1-ой процедуры

Рисунок 118 – Результат обработки

Второй этап – чистовая 5-координатная обработка (инструмент может изменять наклон своей оси в любом направлении и перемещаться в пространстве XYZ). Достигается это путем созданием 5-координатных перемещений инструмента для обработки цепочки смежных поверхностей вдоль параметрических кривых, принадлежащих этим поверхностям. Схема движения инструмента показана на рисунке 119. Результат обработки показан на рисунке 120. Инструмент проходит по поверхности по нормали (рисунок 121).



Рисунок 119 - Реализация обработки 1-ой процедуры

Рисунок 120 – Результат обработки



Рисунок 121 – Обработка поверхности по нормали

#### Моделирование обработки в Cimatron E 5.10

1. Откроем документ Деталь.elt из папки *Фрезерование/Пример 5*. Из среды моделирования Cimatron E 5.10 нажимаем меню **Файл/Экспорт/В док. ЧПУ**.

2. В появившемся меню нажимаем кнопку **Новая траектория**. В появившемся диалоге задаем координату плоскости безопасности (рисунок 122).

3. Теперь необходимо задать геометрию детали. Нажимаем появившуюся кнопку Создать деталь. В появившемся окне нажмем галку Рассчитать и закрыть (рисунок 123). Автоматически выделится вся деталь. Далее операция нажатия на зеленую галочку будет называться Закрываем окно.

поменение тр Граектория	мектория				
Лмя:	TP_MODEL			Contract of Contract	
Гип:	5-ти коор	a) 🖩	<		
жп:	MODEL	•			
Чачальная «-	0			-	
с.	0,	2			
Z (Пл. безопасно	c 75,		δX		
1спольз. пл.без-т .омментарий	и для всех процед	yp 🔽	× ×		
Нет Текста					

Рисунок 122 - Создание траектории обработки
Деталь 🗙 Типдетали Поверхности 💌	Начальная заготовка
Предв.просмотр	Предв. просмотр
+ Прозрачность - Справочн. размер де X 107.672753 Г Автопросмотр Y 46.356183	+ Прозрачность - Справочн. размер за — X 107.672753 Г Автопросмотр Y 46.356183
■ 🗇 🗣 Z 67,356851	2 67,356851
Выбранная геометрия	Информация о параллелепипеде — И
Makc.Z 67,356851	Первый угол Второй угол
Мин. Z 0,	× 0, × 107,672753
	Y 0, Y 46,356183
λ.X	Z 0, Z 67,356851 Z
Число отмеченных пов-тей	Отмечено 9 пов-тей (всего)
Отмечено вручную 9	Общая эквидистанта 0,
Отмечено по критерию о	
осстановить выбо	Восстановить выбор
Дата создания 15.3.2005	Дата создания 15.3.2005

Рисунок 123 – Задание геометрии детали

Рисунок 124 – Задание геометрии заготовки

4. После этого необходимо задать заготовку. Нажмем кнопку Создать заготовку. В появившемся окне сделаем некоторые изменения и закроем окно (рисунок 124).

- 5. Теперь создаем процедуру фрезерования. Нажимаем кнопку Создать процедуру.
  - 5.1 Выбираем процедуру (рисунок 125).

Технология							
Главный выбор	Дor	юлнит	ельны	ıй	Фрез	ерова	энь
Объемное фрезерование		Пар	аллле	пьно	• :	3D	•
	<b>B</b>	4		C	87	20	

Рисунок 125 – Задание процедуры

5.2 В появившемся окне необходимо выбрать инструмент. Создадим новый. Нажмем на кнопку **Новый инстру**мент. Зададим тип и параметры нового инструмента (рисунок 126). Нажмем на зеленую галочку **Применить**.

5.3 На данном этапе выбираем геометрию обработки. Нажмем на кнопку Контуры и выберем контур, указанный на рисунке 127. Нажмем два раза на кнопку Выход (средняя кнопка мыши) – первый для окончания выбора первого контура, второй для окончания выбора контуров обработки. В итоге получим контур обработки детали. Нажимаем дважды на кнопку Выход. Нажимаем кнопку Далее. Поверхности детали выбираем Все видимые (правая кнопка

инструменты и державки 🛛 🔼
Наимен. инстр-та И Тип инстр. Диан НЕТ ИМЕНИ Торцевая 10.00 ЧЕРНОВАЯ ! Торцевая 5,000
Сотпет Библиотека инструментов •
Характеристики инстримента:
Ларактористики инструмента. Има инстримента: Комментарий:
ТОРЦЕВАЯ НЕТ КОММЕНТАРИЯ Использовать державку
Инструмент   Машинные параметры   Параметры перемещения   🗶 Державка
Тип геометри инстр-та Торцевая со скругл. 💌
Диаметр 5, Режущая длина 20 № в магазине 3
Угловой рад. 0. Безоп.длина 30. Число зубьев 2
Игаа арагта Пред Расучетная длина 100
ston saucip. 197
🗸 🍫 🌌
🥵 🕢 🕨 💽 🗠 🕅 ПрАменить

Рисунок 126 – Создание инструмента

## мыши), как на рисунке 128.

5.4 В появившемся меню задаем параметры перемещения (рисунок 129). После расчета процедуры на экране появится траектория инструмента (рисунок 130).



Рисунок 127 – Задание контура обработки

Рисунок 128 – Задание геометрии детали

Параметр	Значение	🛛 🕞 Траектория Инстр-та	
💿 🖂 Плоскость безопасност		• Z-Верхн.	71,0000 🖌
•Исп.пл-ть безопасност	N	∞Ζ-Нижн.	30,0000 🖌
🙍 Плоскость безопаснос	75,0000 🖌	🗤 Шаг вниз	1,5000 🖌
о Внутренняя пл. безопа	Только по Z	о Фрез-ть финишный пр	E.
о Только по Z	75,0000 🖌	о Шаг вбок	1,5000 🖌
имя СКП	MODEL	о Направления резания	В Одном Напр
👛 🖂 Точки Входа и выхода		оСоединить с	Текущим Про
• Точки входа	Автомат.	о Открытая Деталь:	Нет
💿 Мин.размер врезания	0,0000 🖌	Смена нач.стороны	Перевернуть
о DZ/Подача Нач.:	1,0000 🖌	Фрезерование под угл	0,0000
💿 🖂 Эквидист. и допуск		• Обработка по	Область
• Эквид.к пов-ти детали	0,0000 🖌	• Использ.оставшуюся	Г
💿 Эквид.к пов-ти Детали	0,0000 🖌	💿 🗖 Между слоями	
💿 Положение инструмен	На контуре	• Метод "между слоями	Нет
о Общая эквид. к конту	0,0000 🖌	💩 🖂 Оптимизатор	
💩 Способ аппроксимаци	По допуску	• Исп. Оптимизацию	Γ
📀 Допуск Поверхности Д	0,1000 🖌	• 🕀 Инструменты и Державки	ЧЕРНОВАЯ
Болуск пов. Детали2:	0,1000 🖌	and the second s	

Рисунок 129 – Параметры перемещения инструмента



Рисунок 130 – Траектория рассчитанной процедуры

6. Создаем новую процедуру.

6.1 Нажмем кнопку Создать процедуру. Выбор делаем согласно рисунку 131.

6.2 Инструмент выбираем как в предыдущей операции.

6.3 При выборе геометрии отмечаем поверхности детали (рисунок 132).

 
 Технология
 Ополнительный
 Фрезеровани

 Главный выбор По линиям
 Дополнительный
 Фрезеровани

 По линиям
 Соверхность
 3D

 Потока
 Фрезеровани
 3D



Выбирая контрольные поверхностей следует отметить остальные, за исключением указанных как **кроме** (рисунок 133). Это связано с тем, что контрольные поверхности инструмент не может обрабатывать – это барьер. Во время обработки же инструмент эти поверхности захватывает и в итоге что-то будет не обработано, а какие то поверхности могут быть подрезаны инструментом. 134.

После сделанных изменений нажимаем кнопку Рассчитать и сохранить. На экране появится траектория инструмента созданной операции (рисунок 135).

Геометрия			
<sup>2</sup> y			
Hanaixetti Suaupuikk		7-0-	
Поверхности детали 2		t //	
Контрольные поверхности		×/	
			6
	A Y		
	dia x		
	100		

Рисунок 132 – Выбор обрабатываемых поверхностей

m	Параметр	Значение	😐 🖂 Траектория Инстр-та	
Щ.	🛛 🗖 Подход и Отход		🜼 Гребешок	0,2000 🖌
	о Подход к поверхности	По Нормали	о Мин ЗDшаг вбок	0,0000,0
<b>K</b> PONO	👲 Заданная длина	2,0000 🖌	👳 Направления резания	В Обоих Напр
кроме	💿 🖂 Плоскость безопасности	1	• Наложение шагов	По Гребешку
	🙍 Исп. пл-ть безопасност	<b>v</b>	о Ведущий угол	0,0000 🖌
	о Плоскость безопаснос	75,0000 🖌	о Угол наклона	0,0000 🖌
	о Соединить через	Возрастание	• Способ фрез-ния	Перпендикуля
	<u>о</u> Возрастание	1,0000 ∫	о Поверхн.для Обр-ки:	Один за Одни
	• Имя СКП	MODEL	🙍 Макс. углов. шаг	8,0000 \$
	🖕 🖂 Точки Входа и выхода		о Сторона фрезерования	Перевернуть
	💩 DZ/Подача Нач.:	1,0000 🖌	• Направление обр-ки	Перевернуть
	👳 🗖 Эквидист, и допуск		о Перезадать начальны	Выбрать
	🖕 Эквид.к пов-ти детали	0,0000 ∫	🐱 Огранич. ширины фр-н	Выбрать
	🧧 Эквид. к контрольной п	0,0000 ∫	о Огранич.длины фр-ния	Выбрать
	о Способ аппроксимаци	По допуску	о Востановить ширину ф	Возврат
	🙍 Допуск Поверхности Д	0,1000 🖌	о Востановить длину фр	Возврат
	• Допуск контрольной п	0,1000 🖌	🖽 Инструменты и Державки	ЧЕРНОВАЯ

Рисунок 134 – Задание параметров перемещения инструмента

Рисунок 133 – Выбор контрольных поверхностей

7. После создания и расчета процедур можно выполнить симуляцию обработки. Для этого необходимо нажать кнопку Симуляция (см. предыдущие примеры). Начинается симуляция выбранных процедур (этапы смотри на рисунке 136).

8. Заключительным этапом является вывод текста программы. Делается это аналогично с предыдущими примерами.



Рисунок 135 – Траектория перемещения инструмента



Рисунок 136 - Симуляция обработки по этапам

## 1.3.5.3 Проектирование фрезерной обработки детали «Планка прижимная»

Как говорилось ранее, в КИТПП входит также проектирование оснастки, для механообработки деталей. Рассмотрим изготовление на ЧПУ детали «Планка прижимная», входящей в состав приспособления для фрезерования торцов вкладышей, входящих в состав прессформы. Эскиз детали изображен на рисунке 137.



Рисунок 137 – Эскиз сечения планки прижимной

Откроем файл модели из папки *Фрезерование/Планка/Пример.elt*. Загрузка созданной модели в систему NC происходит аналогично примерам, приведенным выше. После этого необходимо выбрать плоскость для траектории движения инструмента, а также плоскость безопасности, на которой инструмент двигается на холостых ходах (рисунок 138).



Рисунок 138 – Задание плоскости безопасности

После того как определили траекторию, необходимо создать заготовку, будущей детали. Нажимаем, теперь уже активную кнопку, «Создать заготовку», после чего появляется окно с параметрами задания заготовки. Учитывая метод получения заготовки и ее форму выбираем тип проектируемой заготовки (рисунок 139).

Последовательность создания процедур обработки следующая: сначала просверлим отверстия 1, затем фрезеруем поверхность 2, и наконец, фрезеруем поверхность 3 (рисунок 140).



Рисунок 139 - Задание заготовки



Рисунок 140 – Порядок обработки детали

### Создание процедуры 1

Нажмем на кнопку Создать процедуру, после чего появится окно процедуры с различными свойствами, в дереве обработки появится строка с этой процедурой (рисунок 141). Дерево обработки показывает структуру технологии обработки детали. В нем можно перемещать процедуры, копировать, удалять. Также дерево дает возможность быстрой навигации по циклу обработки, включать/выключать видимость траекторий и многое другое.



Рисунок 141 – Окно параметров процедуры



Рисунок 143 – Отметка точек сверления

Сделав видимой вторую точку сверления (для управления изображением можно воспользоваться кнопками на панели инструментов) проделаем аналогичные действия. После выбора точек необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши, чем подтверждаем отметку точек. В итоге получили две точки сверления.

Теперь необходимо выбрать инструмент. Щелкаем по кнопке «НЕТ ИМЕНИ» в окне параметров процедуры (рисунок 141). Например, в Параметрах сверления необходимо выбрать тип сверления – Глубокое сверление. В поле «Общая глубина» поставить значение 20 мм. В поле «Глубина» поставить отметку «полный диаметр».

Теперь выбрать точки сверления. Нажмем на кнопку «0» (рисунок 141). После этого появится окно, которое приглашает выбрать точки сверления (рисунок 142).

Правка точек	×
Добавить 👻	
След.Глубина  10,	Режим На исходную 💌
Выбор как Единичная точ 💌	
Направление Ось Z 🚽	
	Ссылка
	Задать

Рисунок 142 – Диалог задания точек сверления

Наводим мышкой на первую точку и щелкаем по ней. Появляется фантом сверла (рисунок 143).

Наимен, инстр-та НЕТ ИМЕНИ	И Тип инстр. Д ! Торцевая 1	<u>1war</u> 10,01		7
		Cit I pooth	Tip	Clear Length
0	1	S	Diameter	
<	Загризк	<ul> <li>мнстримента</li> </ul>	Библиотека	инстриментов
< >	Загрузк	(а инструмента)	: Библиотека	инструментов
Карактеристики ин Гарактеристики ин Ма инструмента: СБЕРЛО-13	Загрузк струмента:	I) В В В В В В В В В В В В В В В В В В В	: Библиотека і	инструментов
Сарактеристики ини мя инструмента: СВЕРЛО-13 Инстримент Мак	Загрузк струмента: Коммента П	<ul> <li>инструмента</li> <li>ирий:</li> </ul>	: Библиотека I	инструментов
Карактеристики ини Мака инструмента: ЗВЕРЛО-13 Инструмент   Мак Тип геометри инс	Загрузк струмента: Коммента инные параметры то-та Сеерление	<ul> <li>ка инструмента</li> <li>крийс</li> <li>в</li> </ul>	: Библиотека (	инструментов
Карактеристики ин Маа инструмента. СВЕРЛО-13 Инструмент   Мак Тип геометри инс	Загрузк струмента: Коммента инные параметры тр-та Сверление	ка инструмента врий:	: Библиотека I	инструментов
Карактеристики ини Карактеристики ини Сарактеристики ини Сарактеристики ини Сверло-13 Инструмент Мак Тип геометри инс Диаметр 13	Загрузк струмента: Коммента имные параметры тр-та Сверления Режущая дл	ка инструмента арий: 9 • • ина 50	: Библиотека і № в магазине	инструментов
Карактеристики ин Карактеристики ин Мая инструмента. ВВЕРЛО-13 Инструмент   Мак Тип геометри инс Диаметр   13	Загрузк струмента: Коммента имнње параметры тр-та Сверление Режущая дл Безоп.длина	<ul> <li>ка инструмента</li> <li>врий:</li> <li>в</li> <li>в</li> <li>т</li> <li>т</li> <li>т</li> <li>50</li> <li>т</li> <li>50,</li> <li>т</li> <li>т</li> </ul>	: Библиотека (	инструментов

Рисунок 144 – Задание инструмента

Открывается диалог создания и выбора инструмента (рисунок 144). В нем создаем сверло, с диаметром 13 мм, согласно требованиям модели. Нажимаем на кнопку Новый инструмент, задаем его параметры. В машинных параметрах указываем значения скорости резания 7,68 м/мин, вращение шпинделя 188 об/мин, подача 40 мм/мин.

Задав параметры, подтверждаем ввод данных. На рабочем поле документа щелкаем правой кнопкой мыши и выходим из создания процедуры через нажатие «Сохранить рассчитать». На экране появится силуэт инструмента и его траектория (рисунок 145).

Процедура сверления 2-х отверстий диаметром 13 мм. закончена. Теперь остается создать процедуру фрезерования поверхности 2 и поверхности 3.



Рисунок 145 – Траектория сверления отверстий

#### Процедура фрезерования поверхности 2

Создаем новую процедуру, как это было описано выше. Указываем тип обработки как показано на рисунке 146.



Следующим шагом заполняем поля списка «Траектория инструмента». Создаем новый инструмент – фрезу шаровую, с диаметром 12 мм.

Параметр	Значение	Параметр	Значение
Vc (м/min)	26.0000	🎛 Точки Входа и выхода	-
Вращение	690	Эквидист. и допуск	
Бращение	100.0000	🖃 Траектория Инстр-та	
Подача (mm/min)	138,0000	• Z-Верхн.	20,0000
Холостые ходы	Быстро	о Z-Нижн.	-5,0000
Подача врезания (%)	30	о Шаг вниз	5,0000
Боковая подача (%)	100	о Ширина заготовки:	0,0000
VERODOG ROBOUD (%)	100	• Обрезать петли	Bcero
этловая подача (76)	100	• Сплайн. аппроксимаци	Линейное изм
+ Коррекция инструме	Г	о Режим флезния	Стандарт
Охладитель	Откл		Опандарт
охладитоль	VIIVI.	о Обработка. Углов	Острыи Угол
Направл.Шпинделя	По час.стрелк	• Направление фрезеро	Попутное

Рисунок 146 – Задание технологии обработки поверхности 2

Указываем «Машинные параметры» и параметры движения инструмента (рисунок 147).

Положение инструмента необходимо выбрать «касательно» к контуру. Правая кнопка мыши вызывает меню для окончания выбора (рисунок 148). Щелкнем правой кнопкой мыши на рабочем поле программы и

Рисунок 147 – Указание параметров процедуры

выберем «Сохранить и Расчитать». В итоге на экране можно увидеть получившуюся траекторию инструмента, обрабатываемого деталь (рисунок 149).





Рисунок 149 – Результат расчета процедуры обработки поверхности 2

### Процедура фрезерования поверхности 3

Ее выполнение полностью аналогично процедуре фрезерования поверхности 2, за исключением выбираемых поверхностей. Выбирается две поверхности, которые будут последовательно обрабатываться. После выбора поверхностей необходимо завершить его – «Закончить выбор» (рисунок 150). Результат расчета на рисунке 151.



Рисунок 150 – Указание траектории обработки процедуры 3



Рисунок 151 – результат расчета всех трех процедур

Обозначаем мышкой нашу траекторию обработки в дереве процедур, нажимаем на кнопку симуляция. Этапы симуляции показаны на рисунке 152.



Рисунок 152 - Симуляция обработки по этапам

Итогом проектирования обработки является получение кода управляющей программы. Для этого нажмем кнопку Постпроц. Откроется окно Постпроцесс (рисунок 153). Отметим «Показывать выходной файл при завершении» и нажмем на зеленую галочку, соглашаясь с выбором. Текст управляющей программы откроется в текстовом редакторе «Блокнот». Текст программы показан на рисунке 154.

Как уже говорилось ранее заключительным этапом КИТПП является управляющей программы для обработки детали на станке с ЧПУ. Само получение кода УП не составляет никакого труда, путем использования постпроцессора (рисунок 153). Вся сложность заключается в оптимизации кода программы, совершенствовании его, используя уникальные функции станка на котором происходит обработка. Это несет за собой ускорение обработки, повышение качества.

Для того чтобы вносить изменения в код УП необходимо разобраться в его структуре. Встроенный постпроцессор системы Cimatron E 5.10 использует G- код,

Выбор постпроцессора	Координаты "нуля" станка	
Возможные процедуры	Очередность	
TP_MODEL	TP_MODEL (A	1)
DEMO	Параметры G-кодов Параметры постпроцессора	Значение
	MAIN-PROGRAM-NUMBER	100
	DIACOMP=TOOL+ <xx></xx>	50
	TOOL-CHANGE-PROGRAM	8000
	SEQUENCING <y n=""></y>	N
	SEQUENC-START	10
	SEQUENC-INCR.	10
	SUBROUTINES <y n=""></y>	Y
	SUB-PROGRAM-NUMBER	1000
Директория С Переименовать Н Имя файла: П Расширение С Г Показать выходной	NDOCUME~1\АДМИНИ~1.000\LOC ler lewPostFile EMO файл после завершени	CALS~1\Temp 🗗
		<ul> <li>20</li> <li>2</li></ul>

Рисунок 153 – Окно постпроцессора

00100 т01 т02 G90 G80 G00 G17 G40 M23 G43 H01 Z30. S191 M03 Z30. G98 G83 X-165. Y-21. Z-3.906 R21. F50 M09 X205. G80 Z30. T02 M98 P8000 T01 G90 G80 G00 G17 G40 M23 G43 H02 Z30. S191 M03 G00 Z21. M09 X137. Y-45. G01 Z15. F15 M98 P1001 G01 X137. Y-45. Z10. F15 M98 P1001 G01 X137. Y-45. Z5. M98 P1001 G01 X137. Y-45. Z0.0 M98 P1001 G01 X137. Y-45. Z-5. M98 P1001 G00 X137. Y-45. Z21. M09 X173. Y-22. G01 Z15. F15 M98 P1002 G01 X173. Y-22. Z10. F15 M98 P1002 G01 X173. Y-22. Z5. M98 P1002 G01 X173. Y-22. Z0.0 M98 P1002 G01 X173. Y-22. Z-5. M98 P1002 G00 X173. Y-22. Z21. X0.0 Y-20. G01 Z15. F15 M98 P1003 G01 X0.0 Y-20. Z10. F15 M98 P1003 G01 X0.0 Y-20. Z5. M98 P1003 G01 X0.0 Y-20. Z0.0 M98 P1003 G01 X0.0 Y-20. Z-5. M98 P1003 M30

01001 G01 Y-43. F50 M09 X62.485 X59.243 Y-46.243 G02 X55. Y-48. I-4.243 J4.243 G01 X-55. G02 X-59.243 Y-46.243 J6. G01 X-62.485 Y-43. X-180. G02 X-184.243 Y-41.243 J6. G01 X-190.243 Y-35.243 G02 X-192. Y-31. I4.243 J4.243 G01 Y-11. G02 X-190.243 Y-6.757 I6. G01 X-184.243 Y-0.757 G02 X-180. Y1. I4.243 J-4.243 G01 X-62.485 X-59.243 Y4.243 G02 X-55. Y6. I4.243 J-4.243 G01 X55. G02 X59.243 Y4.243 J-6. G01 X62.485 Y1. X214. G02 X218.243 Y-0.757 J-6. G01 X224.243 Y-6.757 G02 X226. Y-11. I-4.243 J-4.243 G01 Y-31. G02 X224.243 Y-35.243 I-6. G01 X218.243 Y-41.243 G02 X214. Y-43. I-4.243 J4.243 G01 X137. Y-45. M99 01002 G01 Y-20. F50 M09 X205. G02 Y-22. J-1. G01 X141. G02 Y-20. J1. G01 X173. Y-22. M99 01003 G01 Y-18. F50 M09 X-41. G03 Y-24. J-3. G01 X41. G03 Y-18. J3. G01 X0.0 Y-20. M99

Рисунок 154 – Полный текст программы, полученный после использования постпроцессора

стандартизованный по ISO, пример которого показан на рисунке 154. Покажем структуру кода программы, полученной после использования постпроцессора, а также работу основных операторов и функций программы.

Программу можно условно разделить на 7 частей:

- 1. Сверление отверстий
- 2. Описание обработки внешнего контура детали
- 3. Описание обработки 1-го внутреннего паза детали
- 4. Описание обработки 2-го внутреннего паза детали
- 5. Подпрограмма, описывающая траекторию движения инструмента при обработке внешнего контур детали
- 6. Подпрограмма, описывающая траекторию движения инструмента при обработке 1-го внутреннего паза детали
- 7. Подпрограмма, описывающая траекторию движения инструмента при обработке 2-го внутреннего паза детали

Рассмотрим подробнее части программы.

1. На данном этапе происходит сверление отверстий (рисунок 155).



Рисунок 155 – Программная реализация сверления двух отверстий

2. Во второй части программы происходит описание обработки внешнего контура детали по слоям, т.е. описывается движение фрезы между слоями обработки (рисунок 156). Сам контур детали будет описан позже с помощью специальной подпрограммы, вызываемой в процессе обработки.

# (выбор абсолютной системы координат, отмена постоянных циклов, отмена коррекции) G43 H02 Z30. S690 M03 (включение коррекции на длину инструмента T02, опускание до Z-безопасного в точку 1, задание числа оборотов шпинделя 690 оборотов в минуту по часовой стрелке) G00 Z21. M09 (быстрое перемещение до точки 2 с Z=21) X137. Y-45. (позиционирование в точке 3(137;-45)) G01 Z15. F41 (перемещение к точке 4 с Z=15 с включением рабочей подачи) M98 P1001 (вызов подпрограммы Р1001 описывающей движение инструмента для обработки слоя 1) G01 X137. Y-45. Z10. (переход на слой 2 через точку 5 на рабочей подаче) M98 P1001 (вызов подпрограммы Р1001 описывающей движение инструмента для обработки слоя 2) G01 X137. Y-45. Z5. (переход на слой 3 через точку 6 на рабочей подаче) M98 P1001 (вызов подпрограммы Р1001 описывающей движение инструмента для обработки слоя 3) G01 X137. Y-45. Z0.0 (переход на слой 4 через точку 7 на рабочей подаче) M98 P1001 (вызов подпрограммы Р1001 описывающей движение инструмента для обработки слоя 4) G01 X137. Y-45. Z-5. (переход на слой 5 через точку 8 на рабочей подаче) M98 P1001 (вызов подпрограммы Р1001 описывающей движение инструмента для обработки слоя 5) Z=30 Z=21 1 слой (Z=15 2 слой (Z=10

(вызов из стойки ЧПУ подпрограммы Р8000, заменяющей инструмент Т01 на Т02)

T02 M98 P8000

G90 G80 G00 G17 G40 M23

**T01** 

k'

Рисунок 156 – Программная реализация фрезерования внешнего контура

3 слой (Z=5) 4 слой (Z=0) 5 слой (Z=-5) 3. В 3-ей части описывается движение фрезы по слоям обработки 1-го внутреннего паза детали (рисунок 157). Подпрограмма, описывающая траекторию обработки, представляется потом.

G00 X137. Y-45. Z21. M09 (ускоренное перемещение до точки 2, охлаждение выключено) X173. Y-22. (ускоренное перемещение до точки 3(173;-22)) G01 Z15. F41 (перемещение в точку 4 с Z=15 на слой 1 при включенной подаче 41 мм/мин) M98 P1002 (вызов подпрограммы Р1002 описывающей движение инструмента для обработки слоя 1) G01 X173. Y-22. Z10. (переход на слой 2 через точку 5 на рабочей подаче) M98 P1002 (вызов подпрограммы Р1002 описывающей движение инструмента для обработки слоя 2) G01 X173. Y-22. Z5. (переход на слой 3 через точку 6 на рабочей подаче) M98 P1002 (вызов подпрограммы Р1002 описывающей движение инструмента для обработки слоя 3) G01 X173. Y-22. Z0.0 (переход на слой 4 через точку 7 на рабочей подаче) M98 P1002 (вызов подпрограммы Р1002 описывающей движение инструмента для обработки слоя 4) G01 X173. Y-22. Z-5. (переход на слой 5 через точку 8 на рабочей подаче) M98 P1002 (вызов подпрограммы Р1002 описывающей движение инструмента для обработки слоя 5) G00 X173. Y-22. Z21. (ускоренное перемещение в точку 3(173;-22;21)) 1 слой Z=15 2 слой Z=1 3 3 слой Z=5 4 слой Z= 5 слой Z= 7 = -5

Рисунок 157 – Программная реализация фрезерования 1-го внутреннего контура

4. Часть программы, описывающая обработку по слоям 2-го внутреннего паза (рисунок 158).



Рисунок 158 – Программная реализация фрезерования 2-го внутреннего контура

89

5. Подпрограмма P1001 описывает траекторию движения инструмента при обработке внешнего контура (рисунок 159) и выполняется 5 раз (1 раз на каждый слой).



Рисунок 159 – Подпрограмма описания траектории при обработке внешнего контура

6. Подпрограмма P1002 описывает траекторию движения инструмента при обработке 1го внутреннего паза (рисунок 160) и выполняется 5 циклами (1 раз на каждый слой).

#### O1002

#### (номер подпрограммы)

## G01 Y-20. F138 M09

(перемещение в точку 1 при включенной рабочей подаче 138 мм/мин из положения фрезы, задаваемым предыдущим оператором в 3-ей части программы, описывающей переходы между слоями обработки)

### X205.

(перемещение на рабочей подаче в точку 2)

## G02 Y-22. J-1.

(обработка на рабочей подаче круговым движением по часовой стрелке от точки 2 до точки 3 по дуге A, координаты центра которой определяется направленным вектором J)

## G01 X141.

(перемещение на рабочей подаче в точку 4)

#### G02 Y-20. J1.

(обработка на рабочей подаче круговым движением по часовой стрелке от точки 4 до точки 5 по дуге В, координаты центра которой определяется направленным вектором J)

#### G01 X173.

(перемещение на рабочей подаче в точку 6)

## Y-22.

(перемещение на рабочей подаче в точку 7)

#### M99

(конец подпрограммы)



#### Рисунок 160 – Подпрограмма описания траектории при обработке 1-го внутреннего паза

7. Подпрограмма Р1003 описывает траекторию движения инструмента при обработке 2го внутреннего паза (рисунок 161) и выполняется 5 циклами (1 раз на каждый слой).

#### O1003

#### (номер подпрограммы)

#### G01 Y-18. F138 M09

(перемещение в точку 1 при включенной рабочей подаче 138 мм/мин из положения фрезы, задаваемым предыдущим оператором в 4-ой части программы, описывающей переходы между слоями обработки)

#### X-41.

(переход на рабочей подаче в точку 2)

#### G03 Y-24. J-3.

(обработка на рабочей подаче круговым движением против часовой стрелки от точки 2 до точки 3 по дуге A, координаты центра которой определяется направленным вектором J)

#### G01 X41.

(линейное перемещение на рабочей подаче в точку 4)

#### G03 Y-18. J3.

(обработка на рабочей подаче круговым движением против часовой стрелки от точки 4 до точки 5 по дуге В, координаты центра которой определяется направленным вектором J)

#### G01 X0.0

(линейное перемещение на рабочей подаче в точку 6)

#### Y-20.

(перемещение на рабочей подаче в точку 7)

#### M99

(конец подпрограммы)



Рисунок 161 – Подпрограмма описания траектории при обработке 2-го внутреннего паза

Разобрав структуру программы и назначение используемых операторов можно легко вносить в неё изменения, если они требуются. Видно, что программа сложна и объемна и даже опытному программисту ЧПУ необходимо довольно много времени на написание ее текста и отладку традиционными методами. При компьютерном же проектировании УП сроки создание работоспособного кода значительно сокращаются.

## 1.3.6 Моделирование в Fikus WireEDM & Lathe токарной обработки

Заключительным этапом в КИТПП, как уже говорилось ранее, является механообработка спроектированных деталей. В составе Cimatron E 5.10 есть новый модуль Fikus WireEDM & Lathe, предназначенный для проектирования, симуляции и вывода управляющей программы на станок с ЧПУ для токарной и электроэрозионной обработки. Этот модуль представляет из себя специализированную CAD/CAM систему. САD модуль имеет все возможности для подготовки эскизов к токарной или электроэрозионной обработки. Загрузка эскизов может также осуществляться из таких распространенных форматов, как .DWG, .SAT, .IGS, .DXF, .PLT, .STL. Из функций твердотельного моделирования присутствуют только необходимые для проектирования электродов и тел вращения – функция вращения и выдавливания. Система имеет свой симулятор, с помощью которого можно определить проблемные места обработки, врезания. В программе имеется подсистема проектирования такого режущего инструмента, как резцы, фасонные резцы, сверла. Также можно сконструировать любую, удобную для нас державку инструмента. Использование данного продукта значительно сокращает время подготовки к вышеупомянутым задачам по сравнению с традиционными методами. Вместе с тем повышается качество обработки за счет исключения случайных ошибок, оптимизации порядка и типа процедур обработки поверхностей. Также это сокращает время обработки.

Проектирование токарной обработки происходит по одной схеме. Различие состоит в типе и количестве процедур, зажимных патронов (из-за разных установов заготовки), режущего инструмента. Рассмотрим этапы проектирования токарной обработки на примере простой схемы, рассматриваемой в одностороннем порядке. Реально же, на практике, проектировщик многократно возвращается с этапа на этап для достижения оптимального



варианта. При этом может изменяться количество и тип процедур, последовательность и контур обработки поверхностей, положение заготовки в патроне.

В итоге это все ведет к сокращению времени к подготовке производства и обработки, увеличению качества поверхностей детали.

Изобразим последовательность этапов на рисунке 162.

1) На первом этапе происходит анализ детали с целью определения поверхностей подлежащих обработке и ее последовательности. Выбирается предварительно тип процедур и технологий обработки

2) На втором этапе необходимо создать эскиз детали. Его можно начертить CAD подсистемой в Fikus'е. Еще один метод – экспорт эскиза из Cimatron E в файл, который впоследствии необходимо открыть в Fikus'е.

3) Здесь выбирается рабочая плоскость движения инструмента, т.е. плоскость, которая будет использоваться как ZX-CAM плоскость.

Также здесь указывается система координат, в которой будет происходить моделирование обработки (системная или СК модели).

4) Четвертый этап – получение из эскиза твердотельной модели. Модель создается системой автоматически, операцией вращения вокруг оси, заданной пользователем.

5) На данном этапе задаем тип и размер заготовки. Например, можно указать ее контуры (предварительно начерченные в CAD модуле), указать произвольные размеры, определяющие цилиндр, построить, как эквидистанту к поверхности детали. Результатом будет построенная автоматически операцией вращения3D заготовка.

6) Следующим шагом указываем положение патрона. Другими словами расположение детали в патроне токарного станка и начало системы координат станка (машинный ноль).

7) Далее создаем операцию точения поверхности. Процесс создания делится на несколько шагов:

- а) Задаем зону обработки (контур). Для этого необходимо указать две точки, ограничивающие необходимый контур.
- б) Указываем начальную и конечную точки обработки поверхности. Для этого необходимо отметить мышкой первую точку обрабатываемой поверхности (начальную), затем конечную. Инструмент будет обрабатывать контур от начальной до конечной точки.
- в) Создание процесса (траектории движения инструмента) формируется по предварительно определенной геометрии обрабатываемой детали. В Fikus'е доступны следующие типы траекторий: черновая обработка, чистовая/по профилю, канавка /Выточка, сверление, нарезание резьбы, отрезка. Подробнее эти операции рассмотрим ниже. Также может появиться необходимость создания режущего инструмента. Встроенный редактор поможет в проектировании инструмента и конструировании державки. Необходимо будет ввести машинные параметры перемещения инструмента (подача, частота вращения шпинделя и др.)
- г) Расчет процедуры. После него получаем изображение траектории движения инструмента. Одновременно с этим рассчитывается время обработки.

8) На данном этапе происходит симуляция спроектированной обработки поверхности. Здесь можно выявить некоторые недостатки, ошибки, врезания резца и др. При симуляции происходит обработка в реальном времени с показом движения заготовки, патрона, резца.

9) Заключительным этапом является вывод УП для станка. Полученную программу можно посмотреть в текстовом виде или при помощи специального менеджера загрузить в станок с ЧПУ.

Подсистема токарной обработки Fikus WireEDM & Lathe обладает большой гибкостью и универсальностью. Об этом свидетельствует составленная классификация возможностей токарной обработки.

#### 1.3.6.1 Возможности программы при моделировании токарной обработки

В системе Fikus WireEDM & Lathe имеются все необходимые процедуры, которые могут встретиться на практике. Это такие, как черновая обработка, чистовая/по профилю, канавка /выточка, сверление, нарезание резьбы, отрезка. Ниже объясним, что они означают.

#### Черновая обработка

рановая Иерновая обр-ка Построение траектории движения инструмента для черновой обработки (обдирки). Производится съем большого количества материала.

При нажатии на кнопку появляется меню со следующими вкладкам: Черновая/Зоны/Инструмент/Дополнительные/Станок. Рассмотрим указываемые в них параметры.

Черновая Зоны Инструмент Дополнительные Станок Комментарий Код инструмента rombica de 💌 Описание Сзади • Тип процесса Turning 1 Безопасное расстояние 180 Изменение чгла 5 Максимальный ша 0,5 Чистовой припуск

Вкладка Черновая (рисунок 163).

Комментарий	
Код инструмента	rombica de 💌
Описание Сзади	
Тип процесса	Adjust
Тип калибровки	Подрезка торц
Безопасное расстояние	Нормальная
Изменение угла	Вдоль Z
Безопасное расстояние Изменение угла	Нормальная Подрезка торц Вдоль Z
Чистовой припуск	0,5

Рисунок 163 – Черновая обработка, вкладка Черновая новая обработка, вкладка Черновая новая (опция Adjust)

Комментарий – наименование, которое может быть впоследствии вставлено в УП.

Код инструмента – выбор инструмента из имеющихся в выпадающем меню. Отсюда можно вызвать Таблицу инструментов, в которой есть средства для проектирования новых инструментов и конструирование державок к ним.

Описание – описание выбранного инструмента, также может быть вставлено в УП.

**Тип процесса** – выбор типа процесса: Turning (изнутри), Facing (спереди), Adjust – формирует один проход вдоль какой-либо стороны детали. При выборе последней опции появляется меню **Тип калибровки** (рисунок 164). В данном процессе возможны следующие перемещения: **Нормальная** – траектория в осях X и Z, **Подрезка торца** – траектория только в оси X, **Вдоль Z** – траектория только в оси Z.

**Безопасное расстояние** – расстояние, до которого инструмент перемещается на рабочей подаче. Дальше – на ускоренной.

**Изменение угла** – указание направления резания определением угла. Угол измеряется от горизонтальной линии. Положительное направление – по часовой стрелке. Если угол 0° или 180°, инструмент перемещается горизонтально. Резанье производится в положительном направлении при 180° и в отрицательном при 0°. Если угол 90° или 270° инструмент перемещается вертикально. Резанье положительном направлении при 90° и в отрицательном при 0°. Если угол 90° или 270° инструмент перемещается вертикально. Резанье производится в положительном направлении при 90° и в отри-

Максимальный шаг – расстояние между проходами резца.

Чистовой припуск- припуск, оставляемый после обработки.



**Использование CNC цикла** позволяет сгенерировать управляющую программу в виде цикла или в виде перемещения от точки к точке. При нажатии иконка будет изменяться.

Вкладка Зоны (рисунок 165).

Во вкладке изображено дерево зон обработки, указанных ранее. Остается только выбрать необходимую для текущей операции путем клика мышки в квадрат находящийся напротив имени зоны обработки. В дереве зон также можно наблюдать в каком патроне (положении заготовки) эти зоны обрабатываются. На данном рисунке имеется 2 патрона: Основной и Вторичный. Их количество, расположение и система координат (нуль станка) указываются ранее.

VI.

Зоны		
	овной	
	Спереди	
🖃 Вто	ричный	
	Внутрь_1	
	Сзади	
	HL	

Позиция в магазине	5	
№ Корректора	5	
Радиус	0,4	
Угол оси Пластины	15	
Максимальный правый угол	40	
Managara ang ang ang ang ang ang ang ang ang an	40	

Рисунок 165 – Черновая обработка, вкладка Зоны

Рисунок 166 – Черновая обработка, вкладка Инструмент

Вкладка Инструмент (рисунок 166).

Когда выбран инструмент, Fikus учитывает все параметры в базе данных. Если значения параметров заданы корректно, их не следует менять.

Позиция в магазине – номер позиции инструмента в магазине станка.

№ Корректора – номер корректора инструмента.

Радиус – радиус вершины режущей пластины.

Угол оси пластины – угол (Insert Angle) между горизонталью и осью симметрии



от оси симметрии вставки и всегда положительны. Эти углы находятся в каталоге пластин режущего инструмента. Графически они отображаются синими линиями. Границы задаются через величины правого угла (Right Angle) и левого угла (Left Angle). Увеличение значений этих углов может помочь избежать столкновения оправки с деталью.

пластины (рисунок 167). Левые и правые углы измерены

Рисунок 167 – Угол оси пластины

Вкладка Дополнительные (рисунок 168).

Инструмент         Дополнительные         Стан           Диаметр смены инструмента         500         2           Z коорд. смены инстр-та         5         5           Корректор по Х         0,4         4           Максимальная глубина         0         5	Инструмент     Дополнительные     Станов       Диаметр смены инструмента     500       Z коорд. смены инстр-та     5       Корректор по Х     0,4       Максимальная глубина     0	Черновая	Зоны
Диаметр смены инструмента     500       Z коорд. смены инстр-та     5       Корректор по Х     0.4       Корректор по Z     0.4       Максимальная глубина     0	Диаметр смены инструмента       500         2 коорд. смены инстр-та       5         Корректор по Х       0,4         Корректор по Z       0,4         Максимальная глубина       0	Инструмент Дополнител	вные Станок
Z коорд. смены инстр-та         5           Корректор по X         0,4           Корректор по Z         0,4           Максимальная глубина         0	Z коорд. смены инстр-та       5         Корректор по Х       0,4         Корректор по Z       0,4         Максимальная глубина       0         С       С	Диаметр смены инструмента	500
Корректор по Х 0.4 Корректор по Z 0.4 Максимальная глубина 0	Корректор по Х 0,4 Корректор по Z 0,4 Максимальная глубина 0	Z коорд. смены инстр-та	5
Корректор по Z 0.4 Максимальная глубина 0	Корректор по Z 0,4 Максимальная глубина 0	Корректор по Х	0,4
Максимальная глубина 0	Максимальная глубина 0	Корректор по Z	0,4
₩		Максимальная глубина	0
		⊿ ¥	

Рисунок 168 – Черновая обработка, вкладка Дополнительные

Диаметр смены инструмента показывает, на какое расстояние отходит инструмент при смене на другой. Эта величина может быть задана как параметрически, относительно области обработки, так и определением конкретной точки на дисплее.

**Z-коорд. смены инструмента** показывает, на какое расстояние вдоль оси Z отходит инструмент при смене на следующий.

Корректор по X/Z отражает величину коррекции вдоль осей X и Z соответственно. Эти величины используются для определения нулевой точки инструмента. Жирная точка показывает нулевую точку для траектории (рисунок 167). Fikus отображает траекторию относительно этой точки. Эта точка может быть назначена в таблице инструмента, или изменена особым образом параметрами "X" и "Z".

Максимальная глубина указывает величину припуска, который будет снят в процессе обработки по этой траектории.



Контроль зарезания пластиной (Вкл/Выкл). Контроль на зарезание пластиной позволяет контролировать и предотвращать зарезание сложных областей. При нажатии на кнопку иконка меняется. Расчет БЕЗ контроля на зарезание: Fikus





учитывает только угол при вершине режущей кромке. Существует опасность столкновения пластины с деталью (рисунок 169). Расчет С контролем на зарезание: Величины углов учтены (рисунок 170).

Рисунок 169 – Контроль выключен

Рисунок 170 – Контроль включен



**Использовать Врезание/Отход** – нажимая на эту иконку, определяем, использование опции Врезание/Отход. Если использовать, то угол захода пластины ограничен. Если нет, то инструмент запускается свободно с профиля.

Вкладка Станок (рисунок 171).

Значения автоматически занесены системой Fikus из базы данных и, если они соответствуют параметрам оборудования, изменять их не нужно.

Режим подачи – выбор между G94(мм/мин) и G95(мм/об).

Подача – величина рабочей подачи.

Скорость ускоренных перемещений – величина перемещений на ускоренной подаче

Режим поворота – выбор между об/мин (RPM) и м/об (M/rev). Если выбрано м/об (M/rev), то надо определить параметр Скорость резания (м/мин).

Инструмент Дополнител	тыные Станок	шпинде
Режим подачи	G95(мм/об) 🔻	5
Іодача	0,2	
корость уск. перемещений	200	
ежим поворота	BPM 💌	
Скорость резания (G96)	1	
Лакс. Об. в мин	400	
6	pi 👘	Охл
)хлаждение ВКЛ	Нет 💌	Оно м
)хлаждение ОТКЛ	Нет 💌	Внешне
тружколоматель	Нет 💌	ленные
Пабер детали	Нет 🔻	G

Зоны

Рисунок 171 - Вкладка Станок

Черновая

Режим под

Скорость у Режим пов

Скорость р

Макс. Об.

Охлаждени

Охлаждени Стружколо Шабер дет

Подача

Мах об/мин – максимальная частота вращения шпинделя.

> Шпиндель по/против часовой стрелки направление вращения шпинделя. Повторным нажатием иконка меняется на противоположную.

Инструмент в +Х/-Х – положение инструмента вдоль оси Х, в положительной или отрицательной.

аждение ВКЛ и Охлаждение ВЫКЛ усиваются при помощи выпадающего меню. южет быть выбрано как Внутреннее, ее, Высокого давления, Все вышеперечис-

Стружколоматель и Шабер детали также могут быть активированы в случае необходимости.

## Чистовая/По профилю



Построение траектории движения инструмента для чистовой обработки наружных и внутренних областей детали.

При нажатии на кнопку появляется меню со следующими вкладкам: Профиль/Зоны/Инструмент/Дополнительные/Станок. Вкладки Инструмент/Станок/Зоны аналогичны рассмотренным в черновой обработке. Рассмотрим указываемые параметры в отличающихся вкладках.

Вкладка Профиль (рисунок 172).

Комментарий	
Код инструмента	Finishing 💌
Описание	
Тип процесса	Finishing
	0
Чистовой припуск	

Комментарий	
Код инструмента	Finishing 💌 .
Описание	
Тип процесса	Profiling
везопасное расстояние Загот-ка (экв. к детали) Максимальный шаг	0.001
Чистовой припуск	0

Рисунок 172 – Чистовая обработка, вкладка Черновая

Рисунок 173 – Чистовая обработка, вкладка Черновая (опция Profiling)

Здесь и далее объясняться будут только новые, появившееся параметры, остальные объяснены в черновой обработке.

**Тип процесса** – выбор процесса - Finishing или Profiling. Опция Finishing позволяет построить один проход по профилю детали, тогда как опция Profiling (рисунок 173) содержит в одной траектории несколько проходов.



Изменить / Не изменять направление. При нажатии на кнопку происходит изменение направления обработки.



Обрабатывать / Не обрабатывать канавки и проточки. Позволяет инструменту на чистовом проходе обрабатывать также канавки и проточки.

G41	
G42	

**Коррекция Фикуса / Коррекция станка.** Применение корректора на радиус. Fikus будет автоматически учитывать коррекцию в траектории движения инструмента, либо это будет учтено в стойке ЧПУ станка.

Если выбран тип процесса **Profiling**, то появятся дополнительные параметры. **Максимальный шаг**. Максимальная величина съема материала за один проход.



Использовать / Не использовать станочные циклы: Выбор между представлением группы проходов в виде цикла или в виде перемещений от точки к точке.



С / Без чистового прохода. Использовать заключительный проход после профильной обработки или нет.

# × Зоны Профиль Станок Инструмент Дополнительные 500 Диаметр смены инструмента 5 Z коорд. смены инстр-та 0 Корректор по Х 0 Корректор по Z 12 Максимальная глубина 1

Вкладка Профиль (рисунок 174).

Рисунок 174 – Вкладка Дополнительные

Не возвращаться / Вернуться по Z для смены инструмента. Определить в обработке связь с циклом по оси Z для смены инструмента. Когда



нужно обработать несколько проточек, можно назначить переход между ними либо от одной сразу к следующей, либо перед обработкой очередной канавки, инструмент будет отходить в Z=0.

Не возвращаться / Вернуться по X для смены инструмента. Определить в обработке связь с циклом по оси X для смены инструмента. Когда



нужно обработать несколько проточек, можно назначить переход между ними либо от одной сразу к следующей, либо перед обработкой очередной канавки, инструмент будет отходить в X=0.

## Канавка / Выточка



Обработка канавок и выточек. Основное различие между ними состоит в том, что у канавки границы образованы вертикальными и горизонтальными линиями, а у выточки они – наклонные.

Рассмотрим вкладки Проточка и Инструмент, остальные аналогичны предыдущим процедурам.

Вкладка Проточка (рисунок 175).

**Канавка начерно.** Выбор способа обработки канавки: Изнутри->Наружу, Снаружи->Внутрь, Справа->Налево, Слева->Направо.

Канавка начисто. Содержит аналогичные приемы обработки.

Шаг вбок. Определяет боковое перемещение инструмента между проходами при обработке.

Шаг вниз. Определяет заглубление инструмента при обработке.

Чистовой припуск. Чистовой припуск на каждую из сторон канавки.

Комментарий	
Код инструмента	
Описание	
Канавка начерно	1 Изнутри -> Н. 🔻
Канавка начисто	1 Изнутри -> Н. 🔻
Безопасное расстояние Изменение угла Шаг вбок	1 Изнутри -> Нар 2 Снаружи -> Вну 3 Справа -> Нале 4 Слева -> Напра 5
Шаг вниз	3
Чистовой припуск	0

Инструмент Дополнител	ьные Стано
Позиция в магазине	1
Сторона позиции инструмента	• Лев С Прв
№ Правого Корректора	1
№ Левого Корректора	1
Ширина Пластины	5
Радиус заготовки	1
Длина Пластины	5
Угол оси Пластины	90
Максимальный правый угол	0
Максимальный левый угол	0
Угол базы Пластины	0

Рисунок 175 – Точение канавок, вкладка Проточка



Вкладка Инструмент (рисунок 176).

Позиция в магазине. Номер позиции инструмента в магазине станка.

Сторона позиции инструмента. С какой стороны пластины относительно ее оси находится нулевая точка.

№ Правого корректора. Номер корректора с правой стороны.

№ Левого корректора. Номер корректора с левой стороны.

Ширина пластины. Ширина пластины.

Радиус пластины. Радиус вершины режущей пластины.

Длина пластины. Длина пластины.

Угол оси пластины. Величина угла между центральной осью пластины и горизонталью. Максимальный правый угол. Наибольшее значение уклона правой стенки канавки.

Максимальный левый угол. Наибольшее значение уклона левой стенки канавки.

Угол базы пластины. Угол в плане.

Остальные вкладки аналогичны одноименным в предыдущих операциях.

## Сверление

**Бе**рление

Сверление отверстий. Сверление может осуществляться отверстий, соосных со шпинделем.

Вкладка Сверление (рисунок 177).

Резьба. Если Да, то инструмент – метчик и будет нарезаться резьба.

Максимальный шаг. Максимальная величина съема материала за один проход. Применяется при глубоком сверлении.

**Z** начальная. Расстояние по оси Z откуда начинается обработка.

Z конечная. Координата конца (глубина) сверления.

**Число заходов.** Рассчитывается автоматически, в зависимости от Z начальная и Z конечная.

Комментарий	
Код инструмента	NewTool-1( 🔻
Описание	
Резьба	⊙Да ⊙Не
Безопасное расстояние	1
Максимальный шаг	10
Z начальная	0
Z конечная	-20
	2

Рисунок 177 – Вкладка сверление

Вкладка Инструмент (рисунок 178).

Позиция в магазине. Номер позиции инструмента в магазина

№ Корректора. Номер корректора инструмента.

**Диаметр инструмента.** Диаметр инструмента

Угол при вершине. Угол при вершине.

Вкладка Инструмент (рисунок 179).

Задержка. Как долго инструмент будет находиться в отверстии перед тем, как выйдет из него.

Заходы. Активирует опцию сверления с поэтапным заглублением для удаления стружки (цикл глубокого сверления).



Рисунок 178 – Вкладка Инструмент

🛛 Сверлен	ие	3	оны
Инструмент	Инструмент Дополнител		Станок
К Диаметр смены	инструмента	500	
Z коорд. смены	Z коорд. смены инстр-та		
Задержка Заходы		0 🧭 Да	С Нет

Рисунок 179 – Вкладка Дополнительные

Остальные вкладки аналогичны предыдущим.

## Нарезание резьбы



Создание цикла нарезания резьбы.

Вкладка Резьба (рисунок 180).

Тип резьбы. Выбирается тип нарезаемой резьбы, например метрическая.
Угол резьбы. Указывает угол в зависимости от типа выбранной резьбы.
Высота резьбы. Определение высоты резьбы.
Шаг резьбы. Шаг между витками резьбы.
Число заходов. Число заходов резьбы.



**Выход с/без проточки** Определяет, будет ли проточка для выхода резца. Иконки переключаются повторным нажатием.

## Вкладка Дополнительные (рисунок 181).

**Первый шаг.** Необходимо ввести требуемую глубину первого шага. **Последний шаг.** Ввод требуемой глубины последнего шага. **Шаг выхода.** Определяет величину резьбы на выходе.

Комментарий		
Код инструмента	-	
Описание		
Тип резьбы	Metric	
Угол резьбы	60	
Безопасное расстояние	1	
Высота резьбы	10	
Шаг резьбы	1	
Число заходов	1	

Рисунок 180 – Вкладка Резьба

🛛 Резьба	Зоны	Инструмент
Дополн	ительные	Станок
Диаметр сме	ны инструмента	500
Z коорд. смен	ны инстр-та	5
Корректор по	X	0
Корректор по	z	0
Первый шаг		1
Последний ша	эг	1
Шаг выхода		1

Рисунок 181 – Вкладка Дополнительные

### Отрезка

**р**езать

Вкладка Отрезка (рисунок 182).

Отрезка детали от заготовки резанием.

Шаг вниз. Ввод шага, с которым будет производится отрезка. Отход. Расстояние, на которое инструмент отходит назад. Задержка. Время задержки, после отхода.

## Вкладка Инструмент (рисунок 183).

Ширина пластины. Ширина режущей части пластины. Радиус. Радиус вершины режущей пластины.

Отрезка 3	оны Инструмент	🖞 Отрезка   Зоны
Дополнительные Станок		Дополнительные
Комментарий		Позиция в магазине
Код инструмента Описание	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	№ Корректора
		Ширина Пластины
Безопасное расстояни	e 1	Радиус
Безопасное расстояни Шаг вниз	e 1 3	Радиус
Безопасное расстояни Шаг вниз Этход	e 1 3 0	Радиус Угол оси Пластины
Безопасное расстояни Шаг вниз Отход Задержка	e 1 3 0 0	Радиус Угол оси Пластины Максимальный правый уго

Рисунок 182 – Вкладка Отрезка



Остальные пункты и вкладки, аналогичны предыдущим.

## По точкам



Это простейшая обработка. Она не задает никаких технологических параметров и используется, главным образом, для перевода геометрии в стойку ЧПУ. Любые технологические данные могут введены прямо со стойки ЧПУ.

То точкам

Вкладка По точкам (рисунок 184).

Тип траектории	Напрямую
∃кажите траекторию	~7
Код инструмента	•
Описание	
Максимальный шаг	0,001
Диаметр смены инструмента	500
Z коорд. смены инстр-та	5

Рисунок 184 – Вкладка По точкам

**Тип траектории.** Включает три опции: *Напрямую*, где только координаты, без использования каких-либо других функций; *Соединить по G00*, для ускоренного перемещения; *Соединить по G01*, для создания траектории перемещения инструмента на рабочей подаче.

**Максимальный шаг**. Шаг, с которым траектория будет преобразовываться в код.

> Укажите траекторию. Иконка позволяет выбрать траекторию движения инструмента. Необходимо указать точки, через которые должна

пройти траектория.

Остальные пункты и вкладки, аналогичны предыдущим.

Инструмент Станок

1

1

5

90 0

0

# 1.3.6.2 Проектирование токарной обработки детали "Корпус нижний"

Проанализировав все процедуры и гибкость их возможностей можно сделать вывод, что моделирование токарной обработки (впрочем, как и фрезерной) может применяться в самых широких целях для точения самой широкой номенклатуры деталей. Но для того, чтобы разобраться в сути моделирования, рассмотрим пример обработки одной из типичных деталей. Обработке подлежит «Корпус нижний», входящий в состав «Пресс – формы секторной». Деталь имеет очень сложную фасонную поверхность, обработать которую вручную невозможно. Остается один выход – обработка на станке с ЧПУ. Написание программы вручную очень проблематично. Выходом из этой ситуации служит проектирование токарной обработки в САМ – системе. Рассмотрим на примере обработки детали, эскиз сечения которой изображен на рисунке 185.



Рисунок 185 - Сечение детали «Корпус нижний»

Первым этапом является анализ спроектированной в Cimatron E 5.10 3D модели детали. Обрабатываемые поверхности и последовательность их обработки изображены на рисунке 186.



Рисунок 186 – Определение поверхностей и последовательности их обработки (указана цифрами)

Cimat	ronE		www	v.cimatron.com
Главное меню	OEPAEOTKA	Черчение	Лицензирование	Общие
-		71 🛛 🗖		1
			ad Diavit	
кулято рификат	PostEdit Post EXE Wire	EDM DFP	ost Dfexf	

В системе Cimatron E 5.10, как уже говорилось ранее, предусмотрена симуляция токарной обработки детали, с последующим получением управляющей программы для станка с ЧПУ. Вспомогательная программа называется Fikus. Ее вызов происходит из панели управления

Рисунок 187 – Запуск Fikus'а из панели управления ления Сimatron E 5.10, путем нажатия на кнопку WireEdm (рисунок 187). После загрузки программы необходимо начертить эскиз, из которого впоследствии получится модель детали при помощи операции вращения. Но есть и другой способ. Сначала построим эскиз детали в Сimatron E 5.10, которую мы хотим загрузить в приложение Fikus. После создания эскиза нажимаем меню ФАЙЛ, выбираем Токарная обработка. После этого появится диалог, где мышью выбираем эскиз. Нажав среднюю кнопку мыши, сохраняем эскиз в файл Токарная обработка\Корпус нижний.c2f.

В окне программы Fikus нажимаем меню **ФАЙЛ > Открыть**. Открываем сохраненный нами файл **Корпус нижний.c2f**. Открывается окно с нашим эскизом (рисунок 188).



Рисунок 188 – Загруженный в Fikus эскиз и окно программы

Нажимаем кнопку Токарная обработка, после чего появляется панель инструментов токарной обработки и информационная панель (рисунок 189).

После этого нажимаем кнопку **Новая траектория**, устанавливаем плоскость **ХУ**, как показано на рисунке 190 и соглашаемся с выбором.





Рисунок 189 – Переход в САМ среду Fikus'a

Рисунок 190 – Задание траектории обработки

После задание траектории необходимо указать геометрию детали. Для этого нажимаем кнопку **Новая Деталь**. В появившемся меню нажимаем кнопку **Укажите Геометрию.** Кликаем мышкой на эскиз детали и нажимаем среднюю кнопку мыши. На экране появится модель детали в каркасном представлении (рисунок 192).

Далее необходимо указать заготовку путем нажатия кнопки Укажите Заготовку. Появится диалог указания типа заготовки (рисунок 192), где можно выбрать:

- Выбор. Контур заготовки чертится самостоятельно и здесь его необходимо указать мышью.



Рисунок 191 – Задание заготовки

- Эквидистанта к детали. Заготовка будет задана эквидистантой к поверхности детали с заданным значением.

- Размеры. Заготовка – цилиндр или тор, размеры которого указываются вручную.

После выбора типа задания заготовки и соглашения с заданными параметрами на экране появится каркасное изображение детали вместе с заготовкой (рисунок 192). На рисунке заготовка изображена более тусклыми линиями, чем деталь. После этого станет доступна кнопка Задайте Патрон. При ее нажатии необходимо выбрать передвижением мыши место зажима патроном детали, его сторону расположения и систему координат. После этого на экране появится каркасный силуэт патрона (рисунок 192).



Рисунок 192 – Результат создания модели детали, модели заготовки и зажимного патрона

Перед продолжением необходимо отметить, что последовательность обработки в нашем случае будет такой состоять из 2-х установов по 3 перехода:

- 1. Устанавливаем заготовку в патрон.
  - а. Обтачиваем поверхность 1.
  - b. Обтачиваем поверхность 2.
  - с. Обтачиваем поверхность 3.
- 2. Переворачиваем заготовку в патроне.
  - а. Обтачиваем поверхность 4.
  - b. Обтачиваем поверхность 5.
  - с. Обтачиваем поверхность 6.

Рассмотрим реализацию этих установов и переходов подробнее.

## Установ 1 – Обработка поверхности 1

Как уже говорилось раньше, для того чтобы создать какую либо процедуру, необходимо задать контур обработки, другими словами зону обработки. Нажмем кнопку **Укажите зону**. В появившемся меню сделаем следующие изменения (рисунок 193).



В меню Позиция выберем Внешнее. Это означает, что инструмент будет находиться «снаружи» заготовки.

В поле Процесс ставим галку Черновая обработка, т.к. производиться будет именно она.

В поле, где написано «Внешняя», указывается имя зоны, которое будет отображаться в дереве зон при указании контура для обработки.

После этих изменений, необходимо отметить зону на эскизе детали. Для этого курсором мыши

Рисунок 193 – Задание зоны обработки ну на эскизе детали. Для этого курсором мыши отмечаем начальную и конечную точку контура. На рисунке 194 они обозначены жирными точками. После нажатия на среднюю кнопку мыши отобразится зона обработки (рисунок 194).



Рисунок 194 – Зона обработки поверхности 1

Следующим шагом необходимо задать начальную и конечную точки движения инструмента. Нажав на кнопку **Начальная точка**, получим на экране пунктирную линию, которая перемещается при помощи мышки. Эта линия – траектория подхода инструмента к зоне. Указываем начальную точку обработки и устанавливаем линию подхода в требуемом положении (рисунок 195). После выбора первой появится вторая линия на конечной точке, с которой проделываем аналогичные действия.

Следующим шагом задаем сам процесс обработки. В САМ панели выбираем подменю **Процесс** и нажимаем кнопку **Черновая обработка**.



Рисунок 195 – Обозначение начальной и конечной точек обработки, с указанием линий подхода/отхода инструмента

В дереве операций появляется процесс с именем *Turning*. В появившемся меню сделаем изменения, показанные на рисунке 196. Также во вкладке Зоны необходимо выбрать созданную зону Внутрь.

Задав параметры обработки необходимо щелкнуть правой кнопкой мыши по процессу в дереве. Появится выпадающее меню, в котором надо нажать **Вычислить**. В итоге на экране появится выбранный

нами резец, траектория его движения, снимаемый припуск (рисунок 197).

ТОК-Я ОБР-КА , ЧЕРНОВАЯ	X	ТОК-Я ОБР-КА , ЧЕРНОВАЯ	X	ТОК-Я ОБР-КА , ЧЕРНОВАЯ	×
1 Черновая Зоны	1 Инструмент	🚦 Черновая 🛛 Зоны	1 Инструмент	🚦 Черновая 🛛 Зоны	1 Инструмент
! Дополнительные	🚦 Станок	1 Дополнительные	🚦 Станок	! Дополнительные	Станок
Комментарий		Диаметр смены инструмента	300	Режим подачи	G95(мм/об) 💌
Код инструмента	rombica de 💌 📖	Z коорд. смены инстр-та	20	Подача	0,2
Описание Hta. de desbaste		Корректор по Х	0,4	Скорость уск. перемещений	200
Тип процесса	Turning 💌	Корректор по Z	0,4	Режим поворота	BPM 👻
		Максимальная глубина	0	Скорость резания (G96)	1
Безопасное расстояние	0			Макс. Об. в мин	400
Изменение угла	0			6	-
Максимальный шаг	2				<b>-</b>
				Охлаждение ВКЛ	Нет 💌
Чистовой припуск	0,5			Охлаждение ОТКЛ	Нет 💌
				Стружколоматель	Нет 💌
	ENC			Шабер детали	Нет 💌

Рисунок 196 – Параметры черновой обработки

На рисунке 198 показано:

1 – траектория движения инструмента при ускоренной подаче на холостом ходу.

2 – Траектория движения инструмента при рабочей подаче, при резании металла.

3 – Результат процесса черновой обработки. Изображено полученное сечение детали после обработки.





Рисунок 197 – Результат процедуры

Рисунок 198 – Полученные траектории инструмента

Следующим этапом произведем симуляцию обработки поверхности 1. Для этого нажмем кнопку **Симуляция** в подменю САМ. Откроется окно Симулятора (рисунок 199). В нем можно регулировать скорость обработки, переключать видимость элементов в системе обработки. Также можно поворачивать модель, приближать в реальном времени в процессе обработки. Процесс симуляции запускается с помощью кнопки **Воспроизвести**. Начнется движение всех элементов. Во время симуляции происходи визуальный контроль за ходом обработки, выявляются недостатки, предлагаются и внедряются улучшения.



Рисунок 199 – Режим симуляции обработки

Заключительным этапом является получение управляющей программы. Конечно, это делается для обработки всех поверхностей детали сразу, но в качестве примера рассмотрим получение УП для поверхности 1. Для этого надо нажать на кнопку Постпроцессор в подменю САМ. Начнется генерирование кода программы, согласно вводимым ранее параметрам. Для ее просмотра на подменю САМ нажмем на кнопку Просмотр УП. Откроется окно с кодом управляющей программы, его корректировки и отправки на станок с ЧПУ, если он соединен локальной сетью с компьютером проектировщика (рисунок 200). Необходимость в корректировке может возникнуть при оптимизации программы. Например, удаление лишних холостых ходов инструмента при обработке сокращает общее время. Рассмотрим код УП для обработки поверхности 1.

	🚞 🏈 🚱 🖗 🚺 🗋	<b>₽</b> 101
*		^
00000	01	
Noood	) <b>G</b> 40	
NOOO:	L TO3O3 ()	
N0002	2 <b>G</b> 97 S400 <b>M</b> 04	
N0003	3 GOO <mark>X</mark> 550 <mark>Z</mark> 70	
N0004	ł X550 Z59.62	
N0003	5 GOO <mark>X</mark> -266.9 <mark>2</mark> 60.62	
N0006	5 <b>G</b> 71 <b>U</b> 2 R1	
NOOO	7 G71 P0008 Q0012 U0.5 W0.5 F0.2 S1	
N0008	3 GO1 X525.289 Z59.22 O	
N0009	9 <mark>X</mark> 525 <b>Z</b> 46.586	
N0010	) <u>X</u> 525 <mark>Z</mark> 20.376	
N001:	L X535 Z19.975	
N0012	2 <b>G</b> 40	
N0013	3 GOO X550 Z59.62	-
N0014	ł X550 Z70	
N0013	5 <b>M</b> 3O	×
<		
3/ 19		//

Рисунок 200 – Окно редактора управляющей программы
Второй процесс будет отличаться зоной обработки и положением инструмента.

Создадим зону обработки. Щелкнем по кнопке Создать зону. В меню Позиция выберем Спереди. Это означает, что инструмент будет обрабатывать «лицо» заготовки, ее фронт. В поле Процесс ставим галку Черновая обработка. В написано поле, где «Внутрь», указывается имя зоны «Спереди», которое будет отображаться в дереве зон при указании контура для обработки. После этих изменений отмечаем зону на эскизе детали курсором мыши (рисунок 201). После этого в подменю Процесс выбираем новый процесс Черновая обработка. В появившемся окне параметров делаем



Рисунок 201 – Зона обработки поверхности 2

изменения, показанные на рисунке 202.

Черновая	Зоны	<u>×1</u> Черновая	Зоны
Инструмент Дополнител	пьные Ст	Инструмент Дополнит	ельные Ст
Комментарий		Диаметр смены инструмент	a 370
Код инструмента	rombica de 💌	Z коорд. смены инстр-та	10
Описание Спереди		Корректор по Х	0,4
Тип процесса	Facing	Корректор по Z	0,4
		Максимальная глубина	12
Безопасное расстояние	1		
Изменение угла	270		
Максимальный шаг	1,505		
Чистовой припуск	0,5		
	enc		

Рисунок 202 – Параметры обработки поверхности 2

После ввода и расчета параметров процедуры, на экране отобразится траектория (рисунок 204).



Рисунок 203 – Задание зоны обработки



Рисунок 204 – Результат вычисления процедуры обработки поверхности 2

Процесс обработки поверхности 3 будет отличаться также положением зоны обработки.

При указании зоны руководствуемся рисунком ниже. Все остальные параметры задаем аналогично перовой операции при обработке поверхности 1.

Результат расчета процедуры показан на рисунке 205.



Рисунок 205 – Результат расчета процедуры обработки поверхности 3





Рисунок 206 – Задание заготовки, детали, патрона при втором установе

#### Обработка поверхности 4

Для обработки поверхности все параметры идентичны параметрам обработки поверхности 1. Зону обработки выбираем согласно обрабатываемой поверхности. После расчета процедуры появляется траектория движения инструмента (рисунок 207).

#### Обработка поверхности 5

При задании зоны, характерной поверхности 5 и задании соответствующих параметров получаем рассчитанную траекторию движения (рисунок 208).

#### Обработка поверхности б

При задании зоны, характерной поверхности 6 и задании соответствующих параметров получаем рассчитанную траекторию движения (рисунок 209).



Рисунок 207 – Результат расчета процедуры 4

В итоге проектирования токарной обработки получили дерево процессов и дерево зон на каждый установ. В дереве процессов 2 установа и 6 процессов обработки нашей детали (рисунок 210). На каждый процесс автоматически подсчитывается примерное время обработки поверхности.

В дереве зон на каждый установ можно наблюдать по три зоны и одному патрону (рисунок 210). На дереве зон обработки видна структура обрабатываемых зон и их связь с положением детали в патроне станка.

В конце моделирования обработки можно получить код управляющей программы. Для этого отмечаем первый установ мышью, нажимаем кнопку «Постпроцессор», затем «Просмотр УП». В отдельном окне откроется G-код управляющей программы (текст УП первого установа показан на 211). Аналогично можно получить УП для второго установа.





Рисунок 208 – Результат обработки поверхности 5 Рисунок 209 – Рез

Рисунок 209 – Результат обработки поверхности 5



Рисунок 210 – Дерево процессов и дерево зон

**0**00001 **Z**59.62 N0042 G02 X-525 N0000 **G**40 N0021 **X**526.8 **Z**59.62 **Z**46.586 **I**-34.443 N0001 T0303 N0022 **X**526.8 **Z**59.22 K72.589 N0023 **X**526.8 **Z**21.276 N0043 G01 X-526 N0002 **G**92 S40 N0003 **G**96 **G**95 S65 **F**1 N0024 **X**529.8 **Z**21.276 **Z**46.586 N0044 **G**40 N0025 **X**532.8 **Z**21.276 **M**04 N0004 G00 X550 Z70 N0026 **X**534.78 **Z**22.266 N0045 G00 X-550 Z60.62 N0005 **X**550 **Z**60.72 N0027 **G**00 **X**534.78 N0046 **X-**550 **Z**70 N0047 T0303 N0006 **X**532.8 **Z**60.72 **Z**22.376 N0007 **G**01 **X**532.8 N0028 **X**550 **Z**22.376 N0048 **G**92 S120 **Z**59.62 N0029 **X**550 **Z**70 N0049 G96 G95 S76 F1 N0008 **X**532.8 **Z**21.276 N0030 T0505 **M**04 N0009 **X**535 **Z**21.276 N0031 **G**92 S47 N0050 G00 X550 Z70 N0032 **G**96 **G**95 S68.2 N0010 X535.8 Z21.276 N0051 **X**550 **Z**57.51 N0011 **X**537.78 **Z**22.266 F1 M04 N0052 G00 X-157.6 N0012 G00 X538.6 N0033 **G**00 **X**-550 **Z**70 **Z**58.51 **Z**22.266 N0034 **X-**550 **Z**60.62 N0053 G71 U2 R1 N0013 **X**538.6 **Z**59.62 N0035 **G**00 **X-**263.4 N0054 G71 P0055 Q0061 N0014 X533.8 Z59.62 **Z**61.62 **U**0.5 W0.5 **F**1 S76 N0015 G01 X529.8 N0036 **G**72 W2 R1 N0055 G01 X320 Z24.69 
 N0037
 G72
 P0038
 Q0044
 N0056
 X330.2
 Z24.69

 U0.5
 W0.5
 F1
 S68.2
 N0057
 X330.2
 Z33
 84
**Z**59.62 N0016 **X**529.8 **Z**21.276 N0017 **X**531.78 **Z**22.266 N0038 G01 X-320 Z55.61 N0058 **X**378 **Z**33.84 N0018 G00 X532.6 N0039 **X-**340 **Z**55.61 N0059 X389.667 Z55.61 N0060 X389.667 Z56.11 **Z**22.266 N0040 **X-**389.667 **Z**55.61 N0019 **X**532.6 **Z**59.62 N0041 **G**03 **X**-401 **Z**49.47 N0061 **G**40 N0020 G01 X529.8 **I**12.464 K-17.187 N0062 M30

#### Рисунок 211 – Текст УП после постпроцессирования

Покажем структуру кода программы, полученной после использования постпроцессора, а также назначение основных операторов и функций программы.

## Обработка поверхности 1

На рисунке 212 изображен фрагмент программы реализующей обтачивание поверхности 1. Данный фрагмент составлен по традиционному способу «от точки к точке».

O00001      (номер программы)      N0000 G40      (отмена коррекции инструмента)      N0001 T0303      (выбор инструмента 03, и номера корректора для него 03)      N0002 G92 S40      (задание скорости вращения шпинделя 40 об/мин)      N0003 G96 G95 S65 F1 M04      (задание вращения шпинделя по часовой стрелке в м/об со скоростью резания 65 м/мин и с подачей 1 мм/об)      N0004 X550 Z70      (позиционирование инструмента на ускоренной подаче в точку (550;0;70))      N0005 X550 Z56.5      (позиционирование инструмента на ускоренной подаче в точку 1)      N0006 X532.8 Z56.5      (позиционирование инструмента на ускоренной подаче в точку 2)      N0006 X532.8 Z56.5      (позиционирование инструмента на ускоренной подаче в точку 2)      N0006 X532.8 Z56.5      (позиционирование инструмента на ускоренной подаче в точку 2)      N0007 G01 X532.8 Z17.057      (перемещение в точку 3 при рабочей подаче)      N0008 X535 Z17.057      (перемещение в точку 4)      N0010 X537.78 Z18.047      (перемещение в точку 5)      N0011 G00 X538.6 Z18.047      (перемещение в точку 6 на ускоренной подаче)	N0012 X538.6 Z55.4    (перемещение в точку 7)    N0013 X533.8 Z55.4    (перемещение в точку 8)    N0014 G01 X529.8 Z55.4    (перемещение в точку 9 на рабочей подаче)    N0015 X529.8 Z17.057    (перемещение в точку 9 на рабочей подаче)    N0015 X529.8 Z17.057    (перемещение в точку 10)    N0016 X531.78 Z18.047    (перемещение в точку 11)    N0017 G00 X532.6 Z18.047    (перемещение в точку 13)    N0019 G01 X526.8 Z55.4    (перемещение в точку 13)    N0019 G01 X526.8 Z55.4    (перемещение в точку 13)    N0023 X526.8 Z17.057    (перемещение в точку 15)    N0025 X532.8 Z17.057    (перемещение в точку 15)    N0026 X534.78 Z18.047    (перемещение в точку 16)    N0026 X534.78 Z18.047    (перемещение в точку 17)    N0027 G00 X534.78 Z18.157    (перемещение на ускоренной подаче в точку 18)    N0028 X550 Z18.157    (перемещение на ускоренной подаче в точку 19)    N0029 X550 Z70    (перемещение на ускоренной подаче в исходную точку 1)
	-11





На рисунке 213 изображен фрагмент программы реализующей обтачивание поверхности 2. Фрагмент составлен по прогрессивному способу, используя СNC цикл.

### N0029 T0505

(выбор инструмента и соответствующего корректора) N0030 G92 S40

(задание скорости вращения шпинделя 40 об/мин) N0031 G96 G95 S65 F1 M04

(задание вращения шпинделя по часовой стрелке в **м/об** со скоростью резания 65 **м/мин** и с подачей 1 мм/об)

#### N0032 G00 X-550 Z70

(позиционирование инструмента на ускоренной подаче)

### N0033 X-550 Z60.62

(позиционирование инструмента в точке 1) **N0034 X-263.4 Z60.62** 

(позиционирование инструмента в точке 1) N0035 G72 W2 R1

(включение цикла глубокой канавки проходами с глубиной резания 2мм и безопасным расстоянием 1мм)

#### N0036 G72 P0036 Q0042 U0.5 W0.5 F1 S40

(выполнение обработки траектории описанной кадрами с 36 по 42. Припуск оставляемый после обработки 0.5мм подача 1мм/об при скорости резания 40 м/мин)

#### N0037 G01 X-320 Z55.61

(включение рабочей подачи в точке 3)

N0038 X-389.667 Z55.61

(перемещение на рабочей подаче в точку 4) N0039 G03 X-401 Z49.47 I12.464 K-17.187

(перемещение на рабочей подаче по часовой стрелке в точку 5, по дуге А, координаты центра которой оп-

ределяется направленными векторами I, К)

## N0040 G02 X-525 Z46.586 I-34.443 K72.589

(перемещение на рабочей подаче по часовой стрелке в точку 6, по дуге В, координаты центра которой определяется направленными векторами I, K)

**N0041 G01 X-526 Z46.586** (перемещение в точку 7) **N0042 G40** (отмена коррекции)

**N0043 G00 X-550 Z60.62** (перемещение на ускоренной подаче в точку 7)

**N0044 X-550 Z70** (перемещение инструмента в позицию смены)



## Обработка поверхности 3

На рисунке 214 изображен фрагмент программы реализующей обтачивание поверхности 3. Фрагмент составлен по прогрессивному способу, используя СNC цикл.



Рисунок 214 – Текст фрагмента программы обработки поверхности 3 и траектория обработки

### 1.4 Выводы по исследовательской части

В работе была рассмотрена модель компьютерно-интегрированной подготовки производства «пресс формы секторной для вулканизации шин», изготавливаемой на ярославском предприятии «Инструмент Форма Оснастка».

Особому изучению было подвергнуто компьютерное моделирование управляющих программ для станков с ЧПУ на базе таких CAD/CAM систем, как Cimatron E 5.10 и Fikus WireEDM&Lathe. Оба продукта были изучены самостоятельно.

Проведена классификация процедур фрезерования в зависимости от метода обработки в NC подсистеме Cimatron'a E 5.10. Изучена методика и последовательность моделирования обработки на типовых деталях. Более подробно рассмотрено проектирование обработки детали «Планка прижимная», входящая в состав приспособления для фрезерования торцов вкладышей «пресс-формы». Модели всех составных деталей приспособления и его сборка также были проведены в системе Cimatron E 5.10. В результате моделирования фрезерной обработки получена управляющая программа и изучена ее структура.

В результате ознакомления с системой Fikus WireEDM&Lathe выявлены возможности моделирования токарной обработки. В качестве практического примера была взята деталь «Корпус нижний», входящая в состав «пресс-формы», модель которой была построена в Cimatron E 5.10. В результате моделирования токарной обработки спроектирована и изучена управляющая программа для станка с ЧПУ.

## Заключение

Повышение производительности проектно-конструкторских и технологических работ при создании и запуске в производство новых изделий обеспечивается CAD/CAM-системами (Computer Aided Design/Computer Aided Manufacturing). Эти программные системы позволяют конструктору и технологу решать широкий круг задач с применением методов компьютерного моделирования, автоматизированного формирования конструкторской документации и управляющих программ для обработки деталей на станках с ЧПУ. При этом резко сокращаются сроки проектирования и подготовки производства, обеспечиваются современные требования к дизайну и качеству выпускаемых изделий. Но добиться этого можно лишь при сквозном проектировании, использовании средств САПР на всех этапах жизненного цикла изделия, «от идеи конструктора до металла».

CAD/CAM система Cimatron E 5.10 удовлетворяет запросам и требованиям самого широкого круга пользователей, легко осваивается, работает на персональных компьютерах. Cimatron является «it»-системой (интегрированные технологии), что указывают на комплексный характер решаемых задач.

В данной работе самостоятельно освоены возможности недавно приобретённой новой версии CAD/CAM Cimatron E 5.10, выполнена практическая работа в интересах перехода завода «Инструмент Форма Оснастка» на применение новых информационных технологий при подготовке механообрабатывающего производства.

Наглядно показаны преимущества компьютерно-интегрированной подготовки производства на основе экранного моделирования всех этапов проектирования в CAD/CAM системе.

Последовательно выполнены логические этапы проектирования на основе использования основных модулей CAD/CAM Cimatron при конструировании и использующие созданные геометрические модели для подготовки траекторий перемещения инструмента при обработке деталей изделия «Пресс-форма».

Таким образом, решена актуальная для завода «ИФО» производственная задача.

В итоге можно констатировать, что, применяя систему CAD/CAM Cimatron E 5.10 в рамках компьютерно-интегрированной технологической подготовки производства, можно добиться значительного сокращения времени на подготовку производства (до 80% на подготовку производства типичных деталей), повысить качество выпускаемых изделий за счет исключения человеческих ошибок и передачи идей конструкторов на станок с числовым программным управлением.

Результаты выполненной работы в апреле с.г. были представлены на проводимый «Научно – Исследовательским Центром Автоматизированных Систем Конструирования» и МАТИ им. К.Э.Циолковского Всероссийский конкурс «Компьютерный инжиниринг» и были помещены на электронную Интернет-выставку в разделе «Курсовые проекты».

В технологической части выполнено проектирование механообработки, в ходе которой рассчитаны припуски и межпереходные размеры при обработке одной из поверхностей, режимы резания и нормы времени при механообработке на одной из операций. В ДП проработаны вопросы, касающийся охраны труда и техники безопасности при работе за компьютером.

В дипломной работе проведен расчет экономического эффекта при внедрении CAD/CAM Cimatron E 5.10 на предприятии «Инструмент Форма Оснастка». Окупаемость мероприятий по внедрению составляет 0,54 года с годовой эффективностью 19324,04 рублей.

## 6. Список использованных источников

- 1. http://ifo.yaroslavl.ru/ Сайт ОАО «Инструмент Форма Оснастка»
- 2. http://www.cimatron.com/ Сайт компании Cimatron
- 3. http://www.metalcam.com/ Сайт компании Metalkam
- 4. http://www.bee-pitron.com/ Сайт фирмы БИ-ПИТРОН в С.-Пб.
- 5. http://www.bee-pitron.com.ua/ Сайт фирмы БИ-ПИТРОН в Черкассах
- 6. http://www.ugs.ru/ Сайт компании Unigraphics
- 7. http://www.solidworks.ru/ Сайт компании SolidWorks
- 8. http://www.ptc.com/ Сайт компании Pro/Engeneer
- 9. http://www.autodesk.ru/ Сайт компании Autocad
- 10. http://www.ascon.ru/ сайт фирмы ACKOH
- 11. http://www.topsystems.ru/ сайт фирмы ТОПСИСТЕМЫ
- 12. http:// www.cad.ru/ сайт посвящен CAD/CAM системам
- 13. http:// www.sapr2000.ru/ сайт посвящен САМ системам
- 14. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении: Справочник технолога.-М.: Машиностроение, 1976.-288с.
- 15. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: методическое указание для студентов специальности и направления «Профессиональное обучение»/сост. С.И. Моднов ЯГТУ- Ярославль, 1998.-32с.
- Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова 4-е изд. Перераб. И доп. М.: Машиностроение, 1986. 496 с., ил.
- Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многорезцовых станках с числовым программным управлением.- М.: Экономика, 1990.-206 с.
- 18. Анурьев А.В. Справочник конструктора машиностроителя: В 3-х т. Т.1.-5-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1978.-728с.
- 19. Анурьев А.В. Справочник конструктора машиностроителя: В 3-х т. Т.2.-5-е изд., перераб. и доп.-М.: Машиностроение, 1979.-559с.
- 20. Горбацевич А.Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учеб. пособие для машиностроительных специальностей вузов.-4-е изд. перераб. и доп. Мн.: Выш. Школа, 1983.-256 с.
- 21. Калачёв О.Н. Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron //Информационные технологии, №10, 1998.-с.43-47.
- 22. Калачёв О.Н. Применение CAD/CAM Cimatron для проектирования моделей сборочных единиц: Учебное пособие-Ярославль, 2001.-50 с.
- 23. Калачёв О.Н. Применение CAD/CAM Cimatron для создания моделей деталей: Учебное пособие ЯГТУ. Ярославль, 2000.-48 с.
- 24. Лившиц В.Н., Лившиц С.В. Об одном подходе к оценке эффективности производственных инвестиций в России.//Оценка эффективности инвестиций. Сб. трудов.-М..ЦЭМИРАН, 2000.
- 25. Оценка эффективности инвестиционных проектов.-М.: Дело, 1998.-248с. инвестиционных проектов. Официальноеиздание. -М.: Экономика, 2000.

- 26. Обработка металлов резанием. Справочник технолога/Под ред. Г.А. Монахова.-3-е изд.-М.Машиностроение, 1974. 598 с.
- 27. Общемашиностроительные нормы времени для технического нормирования на металлорежущих станках. Мелкосерийное и единичное производства-М.: Машиностроение, 1967.
- 28. Федеральный закон N 181-ФЗ от 17 июля 1999 года «ОБ ОСНОВАХ ОХРАНЫ ТРУДА В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ».
- 29. Санитарные правила и нормы СанПиН 2.2.2.542-96 "Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронновычислительным машинам и организации работы" (утв. постановлением Госкомсанэпиднадзора РФ от 14 июля 1996 г. N 14)

Приложение А



Приложение Б маршрут Приложение В



# Приложение Г

## Перечень плакатов и чертежей

- 1. Этапы компьютерно-интегрированной подготовки производства
- 2. Последовательность моделирования управляющей программы в среде Cimatron E 5.10
- 3. Фрагменты спроектированной управляющей программы
- 4. Последовательность моделирования управляющей программы в среде Fikus WireEDM&Lathe
- 5. Фрагменты спроектированной управляющей программы
- 6. Основные показатели экономической эффективности внедрения САПР

# Приложение Д Перечень используемых файлов

Фрезерование/

Пример 1/пример1.elt

Пример 2/пример2.elt

Пример 3/пример3.elt

Пример 4/пример4.elt

Пример 5/пример5.elt

Планка/планка.elt

Токарная обработка/

Корпус. elt



