

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Ярославский государственный технический университет»  
Кафедра «Технология машиностроения»

УДК 621.002

ДОПУСКАЕТСЯ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ Ю.В. Янчевский  
09.06.2006

**ОСВОЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ  
ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА ПРЕСС-ФОРМ  
НА ОАО «ИФО»**

Пояснительная записка к дипломному проекту  
по специальности «Технология машиностроения»

ЯГТУ 151001.65-059 ДП

СОГЛАСОВАНО

Руководитель  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ О.Н. Калачев  
09.06.2006

Консультант по охране труда  
д-р техн. наук, профессор  
\_\_\_\_\_ Н.И. Володин  
06.06.2006

Консультант по экономике  
и организации производства  
канд. техн. наук, доцент  
Калачев  
\_\_\_\_\_ В.Д. Попов  
07.05.2006

Нормоконтролер  
канд. техн. наук, доцент  
\_\_\_\_\_ О.Н.  
09.06.2006

Проект выполнил  
студент группы МТ-56  
\_\_\_\_\_ М.В.Мамонтова  
06.06.2006

Федеральное агентство по образованию  
Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ярославский государственный технический университет»  
Кафедра «Технология машиностроения»

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой  
к.т.н., доцент  
Янчевский Ю. В.  
21.03.2006

**ЗАДАНИЕ № 059**  
**НА ДИПЛОМНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ**

1. Выдано студенту (ке) Мамонтовой М.В.
2. Тема проекта (работы) Освоение современных компьютерных технологий для технологической подготовки производства пресс-форм на ОАО «ИФО»  
(утверждена приказом по университету от 17 апреля 2006 г. № 644/3 )
3. Исходные данные к проекту: 1. Годовая программа по данным ОАО «ИФО».  
2. Методические указания «Дипломное проектирование по технологии машиностроения» [2411].  
3. Литература, необходимая при выполнении различных разделов проекта:  
1) Руководство пользователя по Cimatron E 5.10.  
2) Материалы web-страницы <http://tms.ystu.ru/>.  
3) Internet-источники: <http://www.cimatron.com/> ; <http://www.bee-pitron.ru/> ; <http://cadcam3d.ru/> ; <http://www.sapr.ru>
4. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов):  
1. Обзор CAD/CAM-систем, применяемых при ТПП на ОАО «ИФО».  
2. Построение в CAD/CAM Cimatron E 3D-модели матрицы.  
3. Создание УП для фрезерной обработки матрицы в CAD/CAM Cimatron E.  
4. Проектирование в CAD/CAM Cimatron E электродов для обработки элементов матрицы.  
5. Моделирование в CAD/CAM Cimatron E сборки пакета пресс-формы.  
6. Оформление технологической документации в САРР КОМПАС-Автопроект.  
7. Создание архива технической документации в PDM ЛОЦМАН:PLM.  
8. Модернизация ТП изготовления матрицы.  
9. Расчет экономической эффективности от внедрения пакета CAD-, CAM- и САРР-систем на ОАО «ИФО».  
10. Разработка охраны труда программиста.



## Введение

За последние 15 лет все отрасли машиностроения России претерпели значительные преобразования. Предприятия испытали вхождение в рынок, уменьшение влияния роли государства в экономике, исчезновение традиционных каналов и рынков сбыта продукции, появление более эффективных зарубежных конкурентов.

На современном этапе экономического развития в деятельности машиностроительных предприятий наметились следующие важные тенденции:

- восстанавливаются утраченные кооперативные связи между предприятиями;
- разработка и выпуск продукции предприятий происходит под влиянием жестких требований рынка к качеству, себестоимости и срокам изготовления;
- повышается индивидуализация заказов, в результате чего растет и часто меняется номенклатура выпускаемых изделий;
- заказчики требуют обеспечения логистической поддержки приобретаемой продукции вплоть до окончания срока ее использования.

Столь кардинальные перемены отражаются, в первую очередь, на основной составляющей деятельности машиностроительного предприятия – проведении НИОКР и подготовке производства. От сроков выпуска, качества и точности соответствия требованиям заказчиков зависят объемы реализации производственной продукции, а, следовательно, прибыль и будущее развитие предприятия.

Время – важнейший фактор деятельности промышленного предприятия. Длительности всех стадий жизненного цикла изделия коренным образом влияют на его экономическую эффективность. Особое значение имеет сокращение сроков технической подготовки производства, в том числе за счет обеспечения параллельности выполнения отдельных этапов и организации групповой работы над изделием.

Естественным выходом в данной ситуации видится компьютеризация проектно-конструкторских и технологических работ. Автоматизация рабочих мест конструктора и технолога обеспечивается CAD/CAM-системами. Эти системы представляют собой мощное специализированное программное обеспечение ЭВМ. Они позволяют конструктору и технологу решать широкий круг задач с применением методов компьютерного моделирования, автоматизированного формирования конструкторской документации и УП для обработки деталей на станках с ЧПУ.

Кроме того, для обеспечения долгосрочного преимущества в конкурентной борьбе предприятиям требуется новый качественный уровень менеджмента и высокоэффективное управление жизненным циклом изделий.

Отсюда вытекает и цель дипломного проекта – автоматизация технической подготовки производства пресс-форм на ОАО «Инструмент Формы Оснастка (ИФО)» за счет применения различных CAD/CAM/CAPP/PDM-систем.

Среди изделий, выпускаемых ОАО «ИФО», пресс-формы для вулканизации шин. Модельный ряд пресс-форм шин включает пресс-формы для велосипедных, мотоциклетных, легковых, сельскохозяйственных и грузовых шин. Производство пресс-форм шин имеет в своем составе участок алюминиевого литья, специализирующийся на изготовлении деталей (вкладышей), образующих в пресс-формах протекторные рисунки с элементами сложной конфигурации, включая вставные ножевые элементы. Пресс-формы для вулканизации легковых и грузовых шин изготавливаются как с экваториальным разъемом, так и секторные в различных конструктивных вариантах. Производство пресс-форм шин оснащено всеми видами металлорежущего оборудования, которое позволяет производить с высокой степенью точности обработку сложных фасонных поверхностей деталей пресс-форм, выполнять на формирующих поверхностях объемную гравировку надписей.

Также в составе ОАО «ИФО» работает инструментальное производство, которое специализируется на выпуске различных видов режущего инструмента, станочной оснастки, специального измерительного инструмента, пресс-форм для алюминиевого литья под давлением и стального литья по выплавляемым моделям, пресс-форм для пластмасс, различных видов штампов, пневмоинструмента. Цех инструментального производства оснащен универсальным и специализированным оборудованием, в том числе станками с ЧПУ. При инструментальном цехе имеются заготовительный и термический участки.

ОАО «ИФО» является первым предприятием в области, которое успешно применило CAD/CAM-систему Cimatron IT для вооружения ТПП производства литьевой оснастки. Данный выбор вполне обоснован, поскольку в целом на сегодня Cimatron является системой, наиболее «заточенной» именно под нужды производителей пресс-форм.

Для автоматизации конструкторской подготовки производства пресс-форм применяется САD-модуль системы Cimatron. С помощью него производится построение 3D-моделей проектируемых изделий. САM-модуль системы Cimatron используется для технологической подготовки производства, а именно для создания УП различных видов обработки фасонных поверхностей изделий, изготавливаемых на ОАО «ИФО».

В дипломном проекте освоена САD/САM-система Cimatron E – новая версия программного продукта Cimatron IT, обладающая расширенными возможностями для проектирования литьевой оснастки. Это усовершенствование представляет большой интерес для ОАО «ИФО», поскольку как основной, так и вспомогательной продукцией данного предприятия являются пресс-формы.

На этапе технологической подготовки производства на ОАО «ИФО» применяется САРР-система КОПМАС-Автопроект. Данная САПР ТП позволяет значительно сократить время, затрачиваемое технологом на оформление различных видов технологической документации. В дипломном проекте освоена обновленная версия КОМПАС-Автопроект.

С целью показать возможности еще только внедряемых на предприятиях нашей страны PDM-систем, в дипломном проекте освоено создание электронного архива технической документации в PDM-системе ЛОЦМАН:PLM.

## Перечень принятых сокращений

- CAD – (сокр. от Computer Aided Design) автоматизированное проектирование;
- CAM – (сокр. от Computer Aided Manufacturing) автоматизированное производство;
- CAE – (сокр. от Computer Aided Engineering) автоматизированное конструирование;
- CAPP – (сокр. от Computer Automated Process Planning) автоматизированная технологическая подготовка производства;
- HSM – (сокр. от High Speed Machine) высокоскоростная обработка;
- IT – (сокр. от Integrated Technologies) интегрированные технологии;
- PDM – (сокр. от Product Data Management) управление данными об изделии;
- PLM – (сокр. от Product Lifecycle Management) управление жизненным циклом изделия;
- АУГП – автоматическая установка газового пожаротушения;
- БД – база данных;
- ВДТ – видеодисплейный терминал;
- ГОСТ – государственный стандарт;
- ЕСКД – единая система конструкторской документации;
- ЕСН – единый социальный налог;
- ИВЦ – информационно-вычислительный центр;
- ИТ – информационные технологии;
- ИТР – инженерно-технический работник;
- КПД – коэффициент полезного действия;
- КТО – конструкторско-технологический отдел;
- КТК – конструкторско-технологический код;
- КТС – конструкторско-технологическая спецификация;
- МГП – модуль газового пожаротушения;
- НИОКР – научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы;
- ОАО – открытое акционерное общество;
- ОТК – отдел технического контроля;
- ПК – персональный компьютер;
- ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина;
- САПР – система автоматизированного проектирования;
- СВТИ – средства вычислительной техники и информатики;
- СКП – система координат пользователя;
- СНиП – Санитарные нормы и правила;
- ТПП – технологическая подготовка производства;
- ТУ – технические указания;
- УП – управляющая программа;
- ЧПУ – числовое программное управление;
- ЭВМ – электронно-вычислительная машина.

## 1 Раздел конструирования

### 1.1 Обзор САПР, применяемых в машиностроении

Под термином «САПР для машиностроения» в нашей стране обычно подразумеваются пакеты, выполняющие функции CAD/CAM/CAE/PDM, т. е. автоматизированного проектирования, подготовки производства и конструирования, а также управления инженерными данными.

Традиционно продукты САПР для машиностроения разделены на три класса: *тяжелый*, *средний* и *легкий*. На сегодняшний день в области компьютерно-интегрированного машиностроения имеется несколько мощных систем, своего рода «олигархов» мира САПР, стабильно развивающихся продуктов среднего класса и получивших массовое распространение недорогих «легких» программ. Имеется и так называемая «внеклассовая прослойка общества», роль которой выполняют различные специализированные решения [1].

Первые САД-системы появились еще на заре вычислительной техники – в 60-х годах. Именно тогда в компании General Motors была разработана интерактивная графическая система подготовки производства, а в 1971 году ее создатель – доктор Патрик Хэнретти (его называют отцом САПР) – основал компанию Manufacturing and Consulting Services (MCS), оказавшую огромное влияние на развитие этой отрасли. По мнению аналитиков, идеи MCS составили основу почти 70% современных САПР.

В начале 80-х годов, когда вычислительная мощность компьютеров значительно выросла, на сцену вышли первые САМ-пакеты, позволяющие частично автоматизировать процесс производства с помощью программ для станков с ЧПУ, и САЕ-продукты, предназначенные для анализа сложных конструкций. Таким образом, к середине 80-х системы САПР для машиностроения обрели форму, которая существует и поныне. Но наиболее бурное развитие происходило в течение 90-х годов – к тому времени на поле вышли новые игроки «средней весовой категории».

Усиление конкуренции стимулировало совершенствование продуктов: благодаря удобному графическому интерфейсу значительно упростилось их использование, появились новые механизмы твердотельного моделирования ACIS и Parasolid, которые сейчас используются во многих ведущих САПР, значительно расширились функциональные возможности. В результате спрос на САПР имел значительный рост на протяжении почти всего десятилетия. Но в последнее время, в связи со снижением производственной активности в США и Европе и насыщением рынка продуктами САПР, этот рост постепенно замедлился: по оценке аналитической компании «Daratech», в 1999 году объем продаж САД/САМ-систем за год увеличился на 11,1%, в 2000 году – на 4,7%, в 2001 году – на 3,5%, а в 2002 году – на 1,3% .

Можно сказать, что переход в новый век стал для рынка САПР переломным моментом. В такой ситуации на первый план вышли две основные тенденции – слияния/поглощения компаний и поиск новых направлений для роста. Яркий пример первой тенденции – покупка компанией EDS в 2001 году двух известных разработчиков тяжелых САПР – Unigraphics и SDRC, а второй – активное продвижение концепции PLM, подразумевающей управление информацией об изделии на протяжении всего его жизненного цикла.

Таблица 1 – Классификация САПР, применяемых в машиностроении

Класс САПР	Продукт	Компания
Тяжелый	Unigraphics NX	UGS PLM Solutions (EDS)
	CATIA	Dassault Systemes/IBM
	Pro/Engineer	PTC
Средний	Зарубежные системы	
	SolidEdge	UGS PLM Solutions (EDS)
	SolidWorks	SolidWorks
	Inventor и Mechanical Desktop	Autodesk
	Cimatron	Cimatron Ltd.
	think3	Think3 S.p.A.
	CadKey	CadKey
	PowerSolutions	Delcam
	Отечественные системы	
	КОМПАС(CAD/CAM/CAE/PDM)	«Аскон»
	T-Flex (CAD/CAM/CAE/PDM)	«Топ Системы»
	КРЕДО (CAE)	НИЦ АСК
Легкий	AutoCAD	Autodesk
	SurfCAM 2D	Surfware
	DataCAD	DataCAD
	IntelliCAD	CADopia
	TurboCAD	IMSI

Компании UGS PLM Solutions (EDS), Dassault Systemes/IBM и PTC – лидеры в области САПР, а их продукты занимают положение олигархов: на них приходится львиная доля объема рынка в денежном выражении. Главная особенность «тяжеловесов» состоит в том, что их обширные функциональные возможности, высокая производительность и стабильность достигнуты в результате длительного развития.

Несмотря на то что тяжелые системы значительно дороже своих более «легких» собратьев (свыше 10 тыс. долл. на одно рабочее место), затраты на их приобретение окупаются, особенно когда речь идет о сложном производстве, например машиностроении, двигателестроении, авиационной и аэрокосмической промышленности. По мнению аналитиков, этот сегмент

рынка уже практически насыщен и поделен между китами индустрии. Сейчас производители средств автоматизации проектирования возлагают основные надежды на предприятия среднего и малого бизнеса, которых гораздо больше, чем промышленных гигантов. Для них предназначены системы среднего и легкого классов.

САПР среднего класса появились относительно недавно – в середине 90-х годов. До этого существовало только два полюса – на одном мощные системы, работающие на Unix, а на другом – простые программы двумерного черчения для персонального компьютера. Но к 1995 г. вычислительная мощность ПК выросла, а операционная система Windows стала более стабильной и начала поддерживать многозадачность. Это позволило разработчикам создать САПР, которые заняли промежуточное положение между тяжелым и легким классами. От первых они унаследовали возможности трехмерного твердотельного моделирования, а от вторых – невысокую цену и ориентацию на платформу Windows. Они произвели настоящий переворот в мире САПР, позволив многим конструкторским и проектным организациям перейти с двумерного на трехмерное моделирование.

Лидерами этого сегмента являются системы SolidEdge (разработанная фирмой Intergraph, а теперь принадлежащая UGS PLM Solutions (EDS)), SolidWorks одноименной компании (в настоящее время – подразделение Dassault Systemes), а также Inventor и Mechanical Desktop корпорации Autodesk. Это далеко не полный перечень средних САПР. В данном сегменте работает множество компаний, в том числе и российских, предлагающих относительно недорогие системы стоимостью порядка 5-8 тыс. долл. на одно рабочее место. Их популярность среди пользователей постоянно растет, и благодаря этому данная область очень динамично развивается.

В результате по функциональным возможностям средний класс постепенно догоняет своих более дорогостоящих конкурентов. Однако далеко не всем пользователям требуется такое разнообразие функций. Тем, кто в основном работает с двумерными чертежами, прекрасно подойдет система легкого класса, которая стоит в несколько раз дешевле.

Программы легкой категории служат для простого двумерного черчения, поэтому их обычно называют электронной чертежной доской. И хотя к настоящему времени «легковесы» обрели и некоторые трехмерные возможности, у них нет средств параметрического моделирования, имеющихся в более мощных системах.

Первые системы двумерного моделирования появились еще в 70-х годах, когда были разработаны средства для изображения линий, окружностей и кривых на экране монитора с помощью макрокоманд и интерфейсов прикладного программирования. Однако подлинный расцвет в этой области наступил лишь в 80-х, когда на сцену вышел ПК. В 1982 г. была основана компания Autodesk, которая занялась разработкой САПР для ПК под названием AutoCAD, а уже к 1987-му было продано 100 тыс. копий AutoCAD (в прошлом году это число превысило 4 млн.). Примеру Autodesk

последовали и другие компании, и сейчас существует множество разнообразных «легких» САПР, включая DataCAD одноименной компании, IntelliCAD фирмы CADopia, SurfCAM 2D от Surfware и др. Эти продукты проще в использовании и дешевле (100-3000 долл.) своих более мощных собратьев, поэтому спрос на них растет даже при нынешнем экономическом спаде. В результате «легкие» системы стали самым распространенным продуктом автоматизации проектирования.

Сейчас рынок САПР развивается эволюционно: с каждой новой версией функциональные возможности продуктов всех классов расширяются, производительность увеличивается, а использование упрощается, растет внимание к PDM-системам, позволяющим ускорить проектно-конструкторские работы и реализовать популярную концепцию PLM за счет внедрения технического документооборота и управления проектами, а в связи с распространением Интернета появляются средства для взаимодействия проектировщиков через Всемирную сеть и онлайн-библиотеки типовых деталей.

## 1.2 Обзор САПР, используемых при ТПП пресс-форм на ОАО «ИФО»

Фонд САПР, используемых при ТПП пресс-форм на ОАО «ИФО», представлен следующими программными средствами:

- Cimatron IT 10.6; Cimatron IT 11 и с недавнего времени конструкторский модуль Cimatron E 5.10;
- AutoCAD R14; 2000; 2002; 2004; 2005;
- КОМПАС-Автопроект 9.1;
- T-Flex Parametric Pro 7.0 Beta.

Дадим краткую характеристику указанных САПР.

CAD/CAM-система **Cimatron** – сравнительно молодая CAD/CAM-система, которая появилась на мировом рынке в середине 80-х годов и в 1990 году была впервые представлена в России. Она разработана известной израильской компанией Cimatron Ltd., основанной в 1982г. На сегодняшний день пользователями системы Cimatron в мире являются более 10000 компаний, в том числе такие известные, как Epson, Motorola, Toshiba, AGIE, Mikron, Mattel, Reebok и др. В России и странах СНГ система Cimatron также успешно эксплуатируется на многих предприятиях различных отраслей промышленности. Среди них Горьковский Автомобильный Завод (Нижний Новгород), ОАО «Моторостроитель» (Самара), ОАО «ВСМПО» (Верхняя Салда), Сумское Машиностроительное НПО им. М.В. Фрунзе, Новосибирское Авиационное ПО, НПО «Энергомаш» (Химки, Моск. обл.), ОАО «А.Люлька-Сатурн», ММПО «Салют» (Москва), Стерлитамакский станкостроительный завод и др.

CAD/CAM Cimatron предоставляет полный набор средств для конструирования изделий, разработки чертёжно-конструкторской документации, инженерного анализа, создания УП для станков с ЧПУ. Cimatron удовлетворяет запросам и требованиям самого широкого круга пользователей, работает на различных платформах, в том числе на ПК.

Основные возможности CAD/CAM Cimatron:

- управление данными и их изменениями на основе ассоциативной базы данных, коллективная работа пользователей, параллельное проектирование;
- каркасное, поверхностное, твердотельное моделирование, булевы операции для замкнутых и открытых объектов, Quick-модули, проектирование деталей и сборок в единой параметрической среде;
- создание чертежных документов для любых геометрических моделей Cimatron и других CAD-систем в соответствии с требованиями ЕСКД;
- интеграция с другими системами на основе прямых (CATIA 4/5, UG, Pro/E, AutoDesk/DWG) и стандартных (DXF, IGES, STEP, VDA, SAT, Parasolid, STL, VRML) интерфейсов;
- модуль QuickSplit – быстрое проектирование формообразующих деталей оснастки без необходимости «лечения» модели изделия, импортированной

из другой САD-системы, графическая визуализация уклонов и поднутрений для всех направлений разъема;

- модуль MoldDesign – проектирование литьевой оснастки на основе стандартных (HASCO, DME, Futaba и др.) или пользовательских каталогов деталей и узлов;
- модуль QuickElectrode – быстрое проектирование электродов для прошивной электроэрозионной обработки, автоматическая генерация полного комплекта производственной документации (чертежи, карты наладки и др.);
- модуль QuickCompare – автоматическое выявление изменений в моделях, импортированных из других САD-систем, отслеживание этих изменений на всех выполненных этапах работ в моделях, документах, программах ЧПУ;
- формирование УП для обычной и высокоскоростной обработки деталей на 2,5-5-координатных фрезерных, 2-4-координатных электроэрозионных, токарных станках с ЧПУ. Широкий спектр технологических процедур для формирования траектории инструмента;
- оптимизация траектории инструмента, отслеживание формы заготовки в любой момент обработки, использование технологических шаблонов, адаптивное управление подачей в зависимости от нагрузки на инструмент, виртуальный контроль траектории инструмента и остающихся припусков, поддержка пользовательских библиотек инструмента и державок.

На ОАО «ИФО» средствами САD/САМ Сimatron производится:

- построение 3D-моделей деталей литьевой оснастки и пресс-форм покрышек;
- проектирование электродов для электроэрозионной обработки;
- проектирование и расчет ножевых элементов;
- проектирование штамповой оснастки для гибки ножевых элементов;
- моделирование фрезерной обработки деталей литьевой оснастки и пресс-форм покрышек на станках с ЧПУ;
- моделирование проволочной электроэрозионной обработки деталей литьевой и штамповой оснастки;
- моделирование гравирования надписей на деталях пресс-форм покрышек на станке с ЧПУ.

**AutoCAD** – первая получившая широкое распространение «легкая» САПР, удерживающая лидерство в сегменте 2D-моделирования и до настоящего времени. Последние версии AutoCAD можно использовать как для создания двумерных чертежей и рисунков, так и для пространственного моделирования.

На ОАО «ИФО» в AutoCAD производится оформление конструкторской документации пресс-форм покрышек и литьевой оснастки.

САПР технологических процессов **КОМПАС-Автопроект**, разработанная российской компанией «Аскон», внедрена на сотнях предприятий машиностроительного профиля в России и СНГ, она эксплуатируется в реальных производственных условиях с 1989 года.

КОМПАС-Автопроект предназначен для проектирования маршрутно-операционных технологий механообработки, штамповки, сборки, литья и т.п. Интеграция с графическим ядром КОМПАС-График позволяет пользователю работать с геометрическими образами технологического объекта, определять параметрические связи изменения его свойств, строить шаблоны документов непосредственно в конструкторском модуле, что экономит время адаптации рабочего места под конкретные условия производства. Существует возможность передачи графических образов (например, при выборе инструмента).

В качестве базовой СУБД в КОМПАС-Автопроект могут использоваться InterBase, Microsoft SQL, Oracle.

Система обладает хорошо организованным диалоговым интерфейсом, поддерживает доступ к многочисленным справочным сведениям, которые в любой момент поддаются корректировке или пополнению. В информационном пространстве КОМПАС-Автопроект можно создавать новые массивы данных, оперативно изменять состав и размерность их полей. Удачно реализованы процедуры, позволяющие глобально корректировать цепочку технологической информации. В процессе эксплуатации система накапливает базу знаний предприятия – типовые, групповые и единичные технологии, унифицированные операции, планы обработки конструктивных элементов и поверхностей.

На ОАО «ИФО» КОМПАС-Автопроект применяется для оформления технологической документации по всем видам изделий.

Система параметрического проектирования и черчения *T-FLEX CAD* является разработкой российской фирмы «Топ Системы». Система обладает следующими основными возможностями:

- параметрическое проектирование и моделирование;
- проектирование сборок и выполнение сборочных чертежей;
- полный набор функций создания и редактирования чертежей;
- пространственное моделирование, базирующееся на технологии ACIS;
- параметрическое трёхмерное твёрдотельное моделирование;
- управление чертежами;
- подготовка данных для систем с ЧПУ;
- имитация движения конструкции.

На ОАО «ИФО» средствами T-FLEX проектируется штамповая оснастка для вырубki ножевых элементов, оснастка для сверления пакета ножевых элементов.

## 1.3 Применение CAD/CAM Cimatron при ТПП пресс-форм на ОАО «ИФО»

### 1.3.1 Возможности CAD/CAM Cimatron

Рост количества принимаемых заказов и их индивидуализация приводят к увеличению трудоемкости подготовительных работ в большей степени, чем непосредственно самого производства. Время производства составляет 5-10% от всего времени выполнения заказов. Следовательно, основные резервы сокращения времени выполнения заказов лежат в сфере подготовки производства. Использование ИТ является одним из немногих технологически и экономически выгодных способов повышения эффективности промышленных предприятий: повышения производительности труда и обеспечения гибкости производства при выпуске широкой номенклатуры продукции, в том числе малыми сериями.

Сегодня на мировом рынке предлагается достаточно большое число различных CAD/CAM-систем, отличающихся по мощности, стоимости, типам применяемых компьютеров, скорости освоения системы пользователем.

CAD/CAM система *Cimatron IT* удовлетворяет запросам и требованиям самого широкого круга пользователей, легко осваивается, работает на ПК. Cimatron является «ИТ» системой, это указывает на комплексный характер решаемых задач.

Осуществим краткий экскурс возможностей основных подсистем Cimatron IT [2].

#### *Конструирование.*

Cimatron IT обладает всеми возможностями, необходимыми для создания новых изделий в условиях современного производства, за счет интегрированных методов гибридного проектирования, сочетающего все известные на сегодня методы: каркасное, поверхностное и твердотельное параметрическое моделирование. Это позволяет гибко подходить как к концепции нового продукта, так и к его дизайну.

Каркасно-поверхностное моделирование обеспечивает построение каркасных и поверхностных моделей на основе широкого спектра геометрических элементов: от точек, линий, окружностей, спиралей, двумерных и трехмерных кривых (кубические сплайны, B-сплайны и NURBS-сплайны) до кинематических и скульптурных поверхностей. Созданные элементы могут быть обрезаны, разделены, вытянуты, спроецированы, перемещены и скопированы. Развитое поверхностное моделирование в Cimatron IT позволяет создавать, редактировать и анализировать широкий круг поверхностей различных типов. Мощные функции сглаживания и создания галтельных сопряжений, многоповерхностная обрезка и возможность создания одной комплексной

поверхности из нескольких – это только некоторые из широких возможностей подсистемы.

Cimatron IT имеет полный набор функций твердотельного моделирования, включая эскизное проектирование, операции сборки, функции черчения, редактирования и многое другое. Между любыми размерами твердотельной модели могут быть установлены параметрические зависимости, в соответствии с которыми будет происходить автоматический пересчет всех связанных размеров при изменении одного из них.

Механизм построения твердого тела заключается в создании базового компонента и последовательном применении к нему операций добавления или удаления других компонент. Базовые компоненты – это тела вращения, выдавливания, образованные движением контура вдоль направляющей траектории (кинематические компоненты), цилиндрические и фасонные отверстия и бобышки, оболочки. К дополнительным компонентам относятся фаски, скругления, уклоны, ребра жесткости, выступы и углубления вдоль кромок.

Все это подкреплено интеллектуальной подсистемой эскизного моделирования, не имеющей аналогов в других системах. При ее использовании во время перемещения курсора по экрану высвечиваются штриховые сигнальные линии, указывающие условия параллельности, перпендикулярности и касания. Пользователь может активизировать такие неявные точки, как центр окружности, и привязаться к ним. Для быстрого создания общей концепции изделия и проработки нескольких альтернативных решений конструкторы могут использовать эскизное проектирование без полного образмеривания модели. Размеры могут быть добавлены позднее на любой стадии процесса проектирования.

Cimatron IT обладает улучшенной системой диагностики и «ремонта» 3D-модели. Преобразование 3D-модели из поверхностного представления в твердотельное и обратно проблем, как правило, не доставляет. По сравнению с другими системами, Cimatron IT в этой ситуации довольно терпим к качеству преобразуемой модели вследствие использования ACIS в качестве ядра системы.

Созданный в полном соответствии с требованиями параллельного проектирования, Cimatron IT включает в себя два подхода ведения сборочных проектов: «сверху вниз» и «снизу вверх». В первом случае сначала разрабатывается общее компоновочное решение изделия, определяются габариты его составных частей, а затем созданная схема детализируется. Во втором случае, сначала создаются математические модели всех деталей, которые потом собираются в общую сборку.

Поверхностные или твердотельные модели деталей (объектов) могут быть объединены в сборку. В сборку можно включать под сборки, которые также создаются в среде сборки. Любые изменения, выполненные над объектом, отразятся во всех сборках, содержащих этот объект. Компоновка объектов в сборку осуществляется путем задания взаимного расположения базовых плоскостей и осей собираемых объектов. Для твердотельных сборок

можно устанавливать параметрические зависимости между размерами деталей, входящих в сборку.

#### *Черчение.*

Подсистема черчения Cimatron IT быстра, легка в освоении и использовании, интеллектуальна, обеспечивает пользователя всеми необходимыми инструментами для черчения и детализации.

Изображения видов на чертеже формируются системой автоматически как проекции модели детали или сборки. При изменении модели происходит автоматическое изменение чертежа.

Система имеет полный набор средств для простановки на чертеже всех видов размеров и технологических обозначений, нанесения штриховок, построения разрезов и сечений, создания текстовых надписей и технических требований, оформления штампа чертежа. Довольно удобна и основная процедура простановки размеров: конструктору необходимо только указать элемент чертежа, а система сама определит его тип (дуга, окружность, линия, угол) и проставит нужный размер. Обеспечивается полная поддержка как ЕСКД, так и зарубежных стандартов.

#### *Проектирование пресс-форм.*

Формообразующие элементы штампов и пресс-форм могут быть получены непосредственно на основании геометрии 3D-модели детали изделия. Модель детали помещается «внутри» модели заготовки-параллелепипеда и «вычитается» из заготовки. Далее строится поверхность разреза и заготовка «разнимается» на две составляющие. Эти составляющие образуют модели формообразующих вставок (матрицы и пуансона). В процессе их создания имеется возможность учесть величину усадки материала.

Проектирование пакета штампа или пресс-формы выполняется с помощью аппарата моделирования и черчения системы Cimatron IT. Если конструктор использует при проектировании базы стандартных деталей пресс-форм, то с помощью подсистемы **MoldBase 3D** он получает максимально высокий уровень автоматизации проектирования.

MoldBase 3D – интеллектуальная, интегрирующая система, которая направляет пользователя в процессе проектирования пакета пресс-формы и сокращает время, требуемое для создания конструкции и чертежей пакета формы. MoldBase 3D генерирует таблицы, включающие компоненты, номера составляющих частей, размеры и дополнительную информацию. Общеупотребительные производственные каталоги стандартов DME, Hasco, EOS и т.д., поддерживаются и управляются с помощью одной ассоциативной базы данных.

Конструктор пресс-формы может выполнить компьютерный анализ процесса литья изделия из пластмассы. Для этого используется одна из CAE-систем анализа литья, например, **Moldflow** или **C-Mold**. Они обеспечивают проверку заполняемости формы в процессе литья, определяют величину усадки, возможность образования раковин и других дефектов. Исходными данными для анализа является информация о модели детали. Эта

информация передается из системы Cimatron IT в CAE-систему через один из согласованных интерфейсов.

CAD/CAM-система Cimatron может быть также дополнена другими приложениями. Например, модулем **ReEnge**, позволяющим получить 3D-модель изделия из «облака точек», полученного на координатно-измерительной машине, или восстановить модель детали по УП.

#### *Обработка с ЧПУ.*

Cimatron IT обеспечивает формирование УП для фрезерной, электроэрозионной, токарной и листопробивной обработки. Фрезерная обработка может выполняться в пределах от 2,5 до 5 координат, электроэрозионная – от 2,5 до 4 координат.

Наиболее мощными являются средства для фрезерной обработки. Здесь имеется широкий спектр процедур для чернового, получистового и чистового фрезерования. Траектория движения инструмента строится с учетом геометрии обрабатываемых и ограничивающих поверхностей, технологических параметров выбранной схемы фрезерования, характеристик инструмента. Геометрия может задаваться по поверхностной, твердотельной или смешанной (гибридной) модели. В процессе расчета траектории система осуществляет контроль зарезания поверхностей. Сформированная траектория может просматриваться и редактироваться. Вызов соответствующего постпроцессора обеспечивает формирование УП для конкретного станка с ЧПУ.

Одна из основных характеристик системы – легкость при внесении изменений. Конструктор может изменить модель изделия или пресс-формы, и эти изменения сразу же отразятся на траектории движения. При этом, конечно же, имеется возможность подтвердить или отметить модификацию. Система также автоматически рассчитывает зоны, необработанные заданным инструментом, и создает траекторию движения для другого инструмента, выполняющего подбор.

Путь инструмента может рассчитываться как в интерактивном, так и в пакетном режиме, что очень удобно при обработке сложных поверхностей. В Cimatron IT представлен широкий ряд возможностей по управлению подготовкой УП: создание библиотек инструмента, пошаговый контроль траектории, ручное редактирование траектории инструмента и многое другое.

С помощью модуля симуляции обработки технолог может посмотреть не только на то, как в реальности деталь будет обрабатываться на станке, но и произвести контроль на зарезание и столкновение с зажимными приспособлениями, просмотреть сечения обработанной детали.

В системе имеется высокоэффективный генератор постпроцессоров, позволяющий быстро создавать постпроцессоры для различных типов станков и систем ЧПУ с учетом всех особенностей и традиций предприятия.

#### *Интерфейсы данных.*

Для того чтобы предприятие, изготавливающее инструментальную оснастку, успешно конкурировало на современном рынке, необходимо

обеспечить максимальную адаптацию ТПП к представляемой заказчиком информации. Безусловно, что заказчик не всегда предоставляет заказ в виде 3D-модели, созданной в Cimatron. В данной ситуации для перевода формата документа заказа в формат Cimatron не обойтись без применения трансляторов. Набор трансляторов, предлагаемых CAD/CAM Cimatron, обширен и достаточно унифицирован: прием данных о спроектированном изделии осуществляется через спектр прямых и стандартных интерфейсов. К ним относятся:

- READ/WRITE CATIA - чтение/запись файлов CATIA 3,4;
- SAT - чтение файлов в формате ACIS;
- IGES - обмен данными, представленными в формате IGES;
- STEP - чтение и запись файлов в формате STEP AP203 и AP214;
- Magic STL FIX - вывод данных в формат STL;
- DWG - обмен данными, представленными в формате DWG;
- DXF - обмен данными, представленными в формате DXF;
- VDA - обмен данными, представленными в формате VDA;
- RD PTC - чтение файлов ProEngineer в нейтральном формате;
- RD-UG - чтение файлов Unigraphics.

Эти традиционно хорошие трансляторы в последних версиях Cimatron IT прибавили в качестве и скорости.

Немного слов о своеобразном интерфейсе Cimatron IT, который представлен текстовыми кнопками в стиле DOS. Но, несмотря на старомодность оформления, эргономика интерфейса очень продумана, все нужные в данный момент кнопки находятся под рукой и не требуют лишних движений. Разработчики по максимуму использовали три кнопки мыши, нагрузив на них большое количество функций. При этом многообразие не переходит в мешанину, все остается достаточно четким и логичным.

CAD/CAM-система *Cimatron E* принадлежит к классу CAD/CAM-систем нового поколения. Она ориентирована как на решение отдельных производственных задач, так и на комплексную автоматизацию процессов конструкторско-технологической подготовки производства.

Важным достоинством системы Cimatron E является то, что она, базируясь на лучших в своем классе компонентах (Microsoft/MFC, OpenGL, ODI/ObjectStore, Smart Solutions/SmartTeam, ACIS, D-Cubed/DCM, Cimatron IT), вобрала в себя знания специалистов компании Cimatron (20-летний опыт разработок, расширенное поверхностное моделирование, интеллектуальная генерация программ для ЧПУ, признанный во всем мире уровень разработок) [3].

Главными особенностями Cimatron E являются:

- встроенная PDM-система, обеспечивающая управление инженерными данными, реализацию коллективной работы специалистов, организацию структур данных, поддержку ассоциативности не только атрибутивной, но и геометрической информации, формирование технических документов;

- эффективное сочетание методов твердотельного и поверхностного моделирования;
- мощная среда сборки, производительное черчение и наличие подсистемы САМ, поддерживающей передовые промышленные технологии.

Система Cimatron E имеет четыре базовые конфигурации: **Design Solution** (решение для проектирования и черчения), **Drafting Solution** (решение для черчения), **NC Solution** (решение для разработки УП для станков с ЧПУ), **Master Solution** (полное решение для проектирования, черчения и ЧПУ). К этим решениям могут добавляться модули расширения и изменения базовых конфигураций.

Подсистема Design Solution обладает развитыми функциями поверхностного моделирования Cimatron IT, твердотельного моделирования и булевыми операциями ACIS, предлагает интегрированную среду моделирования твердых тел и поверхностей, гибкие средства ведения сборок и высокопроизводительные Quick-технологии.

Документы, созданные в среде черчения, ассоциативны не только моделям Cimatron E. В случае, когда предоставляется модель в каком-либо формате обмена данными (система имеет прямые интерфейсы с Cimatron IT, CATIA, Pro/Engineer, Unigraphics, DWG и стандартные – с IGES, SAT, DXF, STEP, VDA, STL), то Cimatron E автоматически создаст все необходимые чертежные виды. Если после этого исходные данные будут изменены, то все изменения будут не только выявлены, но и автоматически внесены в чертеж.

УП для станков с ЧПУ также ассоциативны моделям, поэтому возможно отслеживание изменений на всех этапах работы. NC Solution полностью поддерживает все прогрессивные технологии, используемые в Cimatron IT: возможность 2,5-, 3-, 4- и 5-координатной обработки; разработку программ, основанную на опыте предприятия; технологические библиотеки; сплайн-интерполяцию; оптимизацию обработки по пользовательским критериям; высокоскоростную резку и др. Кроме того, система имеет удобные функции визуализации и верификации траекторий движения инструмента, поддерживает постпроцессоры, разработанные с использованием как генератора постпроцессоров Cimatron IT, так и генератора IMS Post (компания Intelligent Manufacturing Software, Inc.), что обеспечивает интеграцию с любым технологическим оборудованием.

Процессная ориентация в среде моделирования Cimatron E 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 коллегами работы.

Во всех подсистемах и модулях Cimatron E имеются удобные для пользователя инструментальные панели, функции немедленного доступа, контекстные меню, приглашения, подсказки, online-помощь, поддержка требований ЕСКД.

Рассмотрим более подробно подсистемы Cimatron E [4].

Для быстрого разделения модели на наборы формообразующих поверхностей оснастки и анализа уклонов этих поверхностей относительно соответствующего направления разъема используется модуль **QuickSplit**, который входит в любую конструкторскую конфигурацию системы. Издание CIMdata не раз отмечало, что с этой технологией разделения моделей Cimatron был пионером в отрасли.

Разделение может производиться как в режиме работы с деталью, так и в режиме работы со сборкой. Это, наряду с возможностью формирования линий и поверхностей разъема в сборочной среде, позволяет проектировать литьевые формы со структурой любой сложности, в том числе, с формообразующими вставками или плитами, а также для литья нескольких разных деталей и др.

Модуль **MoldDesign** предназначен для проектирования пресс-форм на основе зарубежных или созданных пользователем каталогов стандартных деталей оснастки. В отличие от большинства аналогичных систем, при работе с собственными каталогами конструктору доступна вся функциональность и специальные средства этого производительного модуля. При разработке MoldDesign Cimatron учел многолетний опыт работы с аналогичным приложением от компании R&B, которое было интегрировано в предыдущее поколение системы Cimatron IT под названием MoldBase3D.

Последняя версия MoldDesign включает каталоги сборок ползунов, которые при редактировании параметров не только изменяют размеры, но и топологию в соответствии с задаваемыми пользователем правилами. Использование MoldDesign на начальных этапах проектирования позволяет очень быстро сформировать предварительную сборку и спецификацию пресс-формы, что помогает более точно определить стоимость выполнения заказа.

Подсистема **QuickElectrode** предназначена для проектирования электродов и подготовки прошивной электроэрозии. QuickElectrode автоматически формирует комплекты чертежей и карт наладки. В него также включен каталог хвостовиков электродов компании EROWA. Модуль EDM Setup Wizard, работающий совместно с QuickElectrode, позволяет передавать специфические станочные данные непосредственно в станок и таким образом управлять процессом эрозии, автоматической сменой электродов и позиционированием заготовки. Несколько последних лет компания AGIE GmbH – известный производитель электроэрозионных станков – рекомендует заказчикам использовать эти средства как наиболее эффективные решения для подготовки производства.

Приложение Cimatron для проволочной электроэрозионной обработки **WireEDM** специально спроектировано так, чтобы было просто и быстро получать 2-4-осевые траектории инструмента с помощью прогрессивных методов.

Модуль **QuickCompare** обеспечивает выявление инженерных изменений в геометрических моделях, импортированных из других CAD-систем. После

выявления изменений Cimatron E производит обновление всех документов, разработанных для первой версии полученной от заказчика модели. Таким образом, конструкторские и технологические работы могут быть параллельно распределены независимо от формата исходных данных, так как специалисты начинают подготовку производства раньше, чем закончилась конструкторская разработка, не боясь трудоемких переделок.

Подводя итог, можно утверждать, что система Cimatron E, являясь дальнейшим развитием CAD/CAM Cimatron IT, соединяет в себе простое в использовании решение для новых пользователей и высокофункциональное решение для опытных пользователей, ежедневно решающих сложные задачи. В целом на сегодня, Cimatron является системой, наиболее «заточенной» именно под нужды производителей пресс-форм.

Не лишним будет заметить, что разработки компании Cimatron пользуются заслуженным доверием поставщиков станков, со многими из них у компании существуют партнерские соглашения. В частности, в середине 2002 года компания Mikron AG, один из ведущих производителей 3-5-координатных обрабатывающих центров, выбрала Cimatron E для оснащения своего подразделения – Центра высокоскоростной обработки (Niedau, Switzerland), призванного демонстрировать возможности станков заказчикам.

### 1.3.2 Конструирование оснастки для изготовления вкладыша

Одним из этапов конструкторской подготовки изготовления пресс-формы для литья вкладыша пресс-формы крышки на ОАО «ИФО» является построение объемной модели матрицы. На основе модели производится разработка УП механообработки матрицы на фрезерном станке с ЧПУ.

Исходной информацией для построения 3D-модели матрицы является чертеж вкладыша (рисунок 1). 3D-модель матрицы удобнее выполнить поверхностной, поскольку для разработки УП необходимо получить только те наиболее сложные поверхности, которые подлежат обработке на станке с ЧПУ. Таким образом, построение остальных элементов 3D-модели матрицы не обязательно.

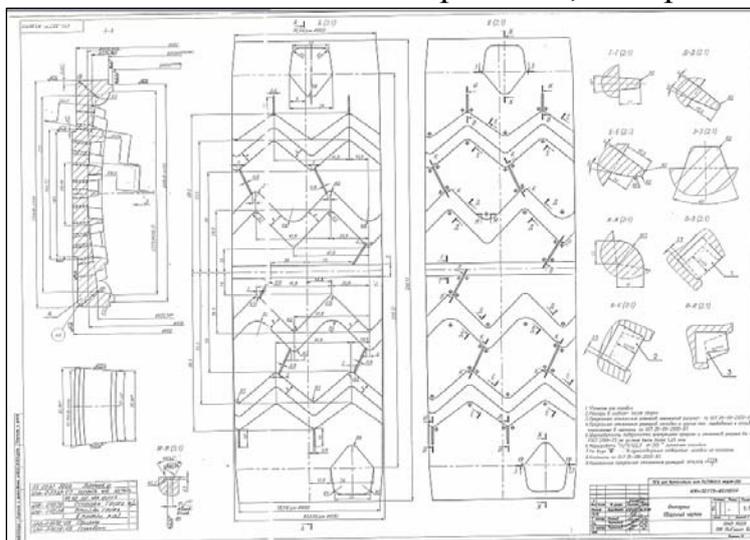


Рисунок 1 – Сборочный чертеж вкладыша

Последовательность построения объемной модели матрицы изложена ниже.

- Построение 3D-модели вкладыша.
  - Построение сферической поверхности рисунка вкладыша.
  - Построение боковых поверхностей центральной канавки.
  - Построение боковых поверхностей зигзагообразных элементов рисунка вкладыша.
  - Построение поверхностей карманов.

- Построение 3D-модели матрицы.

Заметим, что при моделировании фрезерной обработки матрицы не разрабатывается УП обработки щелевых отверстий для вставки ножевых элементов, поскольку их фрезерование затруднительно вследствие небольшой толщины. Значит, необходимость в построении данных элементов модели матрицы отпадает.

### 1.3.2.1 Построение 3D-модели вкладыша

- **Создание файла 3D-модели вкладыша.** При создании документа модели вкладыша из предлагаемых модулей выбираем подсистему моделирования деталей (рисунок 2) и указываем миллиметры в качестве единиц измерения.

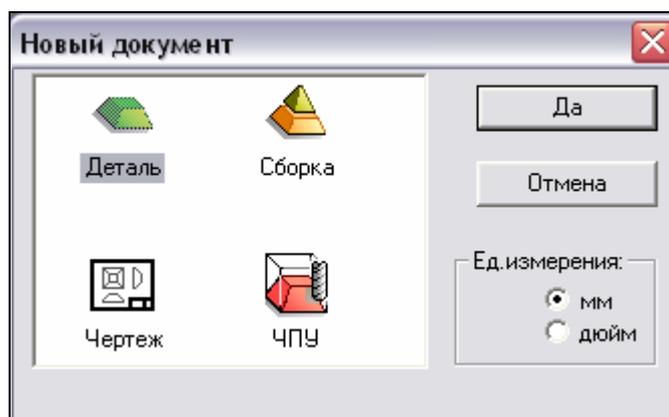


Рисунок 2 – Выбор модуля создания детали в виде 3D-модели

- **Задание системы координат модели.** Модель необходимо привязать к некой системе координат. Для задания системы координат выбираем пункт «Плоскость» в меню «Окружение», указываем подпункт «Главные плоскости». Отмечаем курсором систему координат. После выбора системы координат на поле чертежа появляются тонко очерченные главные плоскости (рисунок 3).

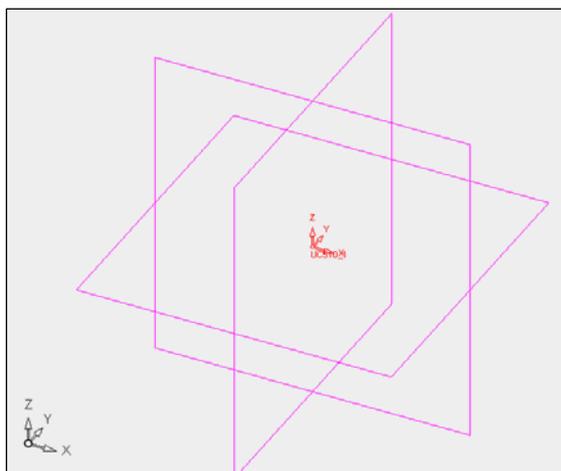


Рисунок 3 – Система координат модели

- **Построение эскиза образующей поверхности 3D-модели вкладыша.**

Осуществим выбор расположения 3D-модели вкладыша относительно заданной системы координат. Поскольку модель вкладыша служит прототипом для построения 3D-модели матрицы и последующей разработки управляющей программы, то важно расположить модель вкладыша относительно системы координат так, как это было бы при ЧПУ-обработке. В Cimatron при 3-х осевой ЧПУ-обработке по умолчанию ось инструмента совпадает с осью Z. Из этого следует что, ось Z должна быть перпендикулярна криволинейной поверхности матрицы, а значит и криволинейной поверхности вкладыша. Необходимо отметить, что особенностью данной поверхности вкладыша является кривизна профиля одновременно в продольном и поперечном сечениях.

Итак, построение эскиза профиля сферической поверхности вкладыша в продольном сечении проводим в плоскости ZX. При открытии эскизника на экране появляется панель инструментов эскизника. Она состоит из набора функций, предназначенных для построения простейших плоских геометрических элементов.

Проводим построение эскиза контура сферической поверхности вкладыша в продольном сечении. Эскиз представлен на рисунке 4.

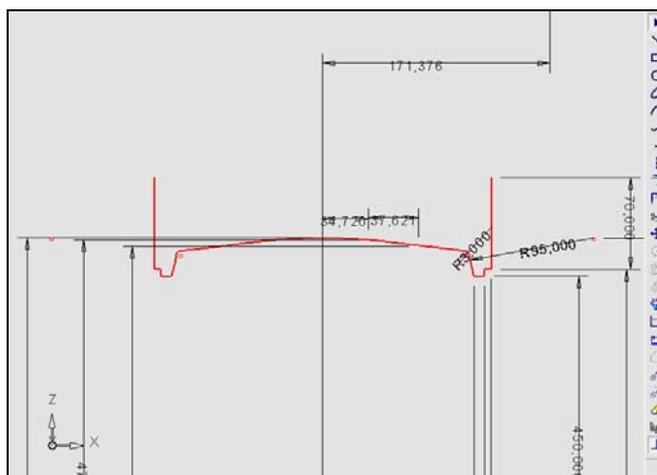


Рисунок 4 – Эскиз контура сферической поверхности вкладыша в продольном сечении

- **Задание оси вращения эскиза.** Ось вращения эскиза получаем пересечением плоскостей в меню «Окружение» выбираем пункт «Ось», а затем – подпункт «Пересечение». Ось вращения задаем как пересечение главных плоскостей XY и ZX (рисунок 5).

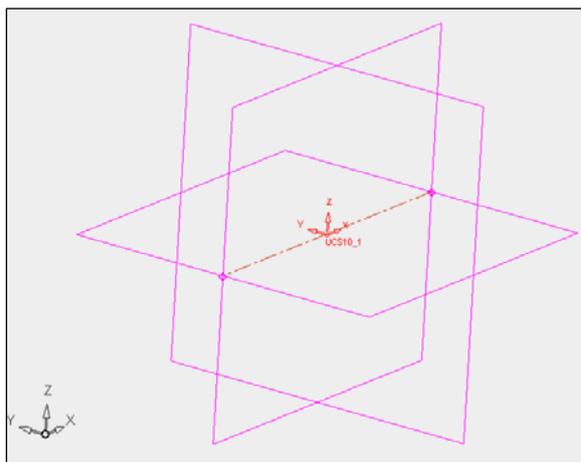


Рисунок 5 – Ось вращения эскиза, построенная пересечением двух главных плоскостей

• **Построение криволинейной поверхности вкладыша вращением.** Воспользуемся функцией «Вращение» моделирования поверхностей в Simatрон. В меню «Поверхности» выбираем пункт «Вращение». Указываем курсором контур, затем ось вращения.

Задаем опции: симметричный угол вращения по  $10^\circ$  в каждую сторону. Построенный криволинейный профиль модели вкладыша представлен на рисунке 6.

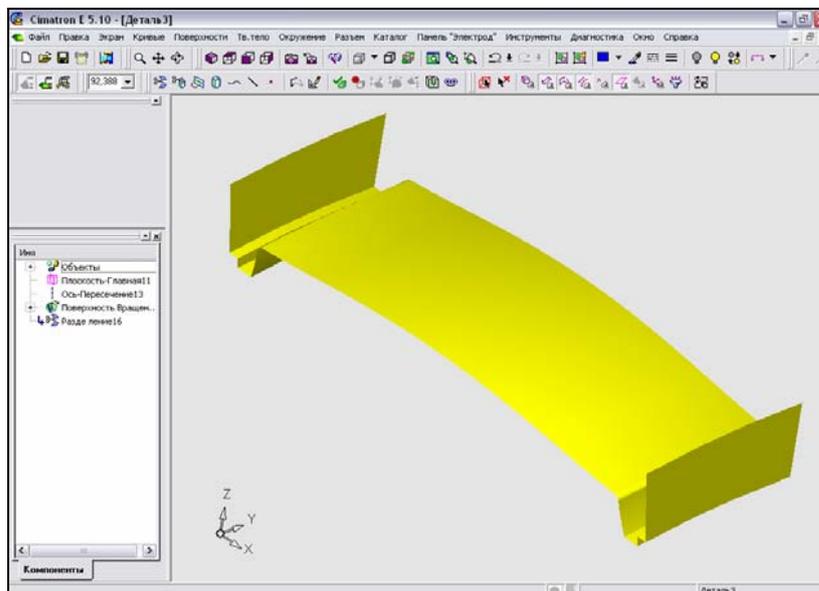


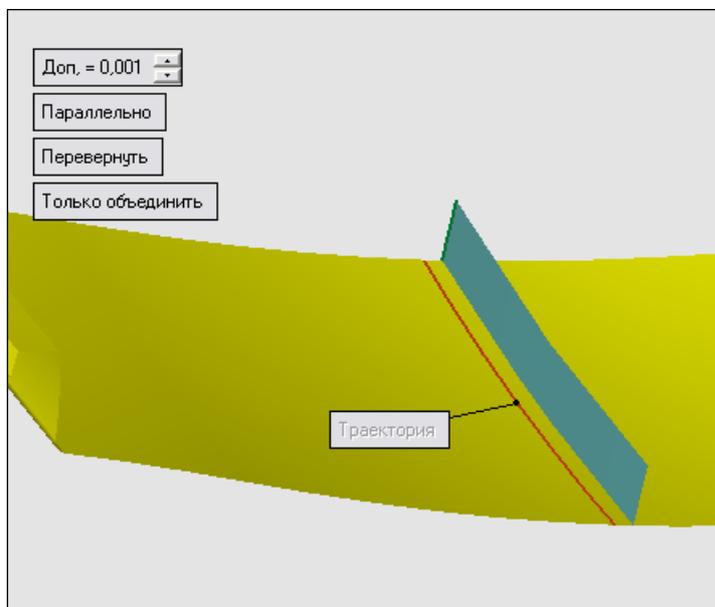
Рисунок 6 – Криволинейный контур модели вкладыша

• **Построение эскиза контура поперечного сечения центральной канавки.** Для удобства последующего построения боковых поверхностей канавки эскизирование производим в плоскости, параллельной плоскости XZ. Для ее создания выбираем в меню «Окружение» пункт «Плоскость» и подпункт «Параллельно». В ней же строим эскиз контура центральной канавки вкладыша в поперечной сечении (рисунок 7).



Рисунок 7 – Эскиз контура центральной канавки

• **Построение поверхности центральной канавки.** Для создания данного элемента воспользуемся функцией «Движение» моделирования поверхностей в *Cimatron*. Выбираем в меню «Поверхности» пункт «Движение», открывается окно проводника компонента. Выбираем опцию «Множество поверхностей» и указываем в качестве сечения эскиз контура канавки, а в качестве траектории – одно из поперечных сечений сферической поверхности вкладыша.



Построенная боковая поверхность центральной канавки представлена на рисунке 8.

Рисунок 8 – Боковая поверхность центральной канавки

Вторую боковую поверхность центральной канавки получаем отражением первой относительно плоскости  $ZY$ . Воспользуемся функцией «Создать зеркальную копию», которая открывается из меню «Правка». Результат представлен на рисунке 9.

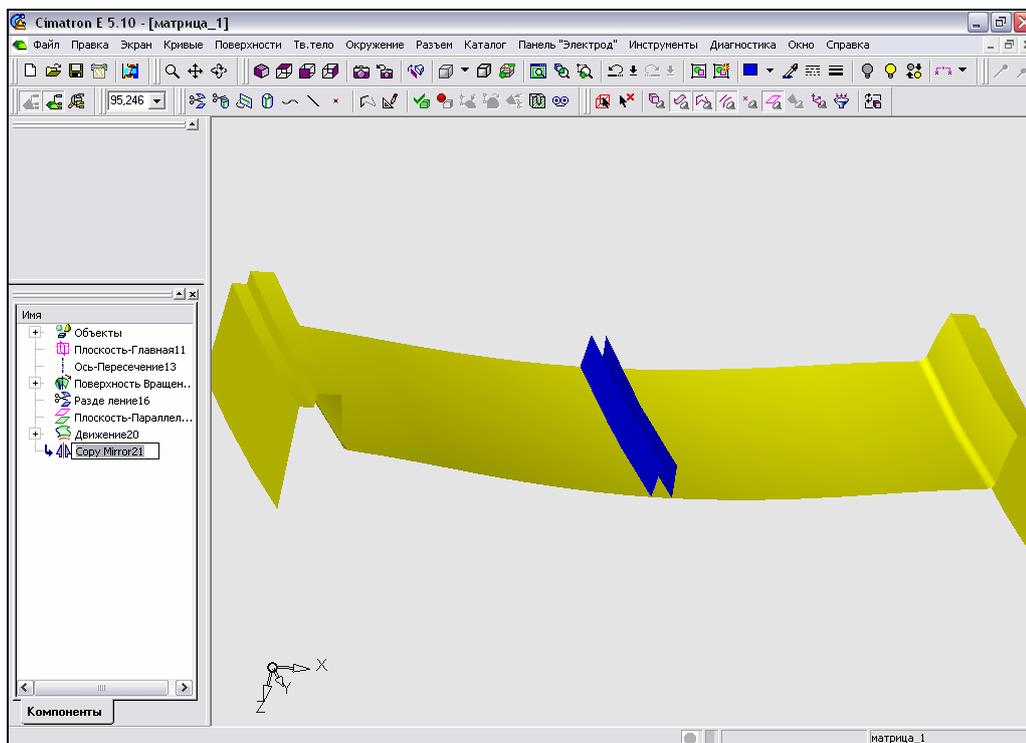


Рисунок 9 – Боковые поверхности центральной канавки

• **Построение эскиза контура зигзагообразных элементов рисунка вкладыша в продольном сечении.** Строим плоскость эскизирования касательно к сферической поверхности вкладыша и параллельно главной плоскости XY. Заметим, что профиль зигзагообразных канавок чередуется, в связи с этим процесс создания эскиза можно упростить, построив одно звено контура (рисунок 10), а затем скопировав и размножив его (рисунок 11).

Для создания скруглений углов используем функцию «Угол». Выбираем опцию «Радиус» при включенной обрезке концов отрезков и задаем значение радиуса (рисунок 12). Эскиз контура зигзагообразной канавки в продольном сечении представлен на рисунке 13.

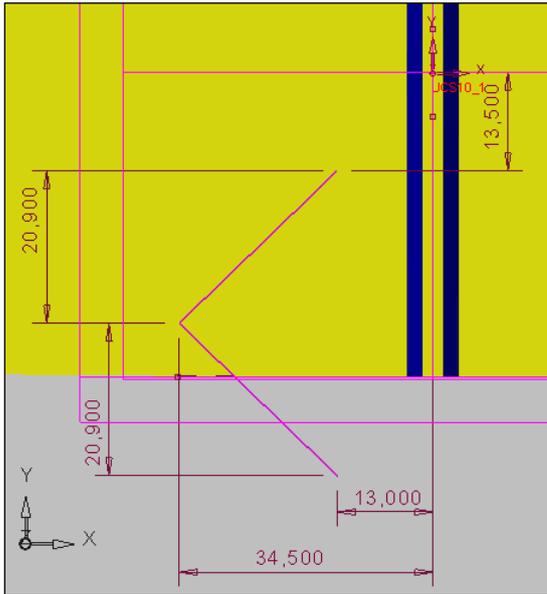


Рисунок 10 – Построение эскиза звена контура

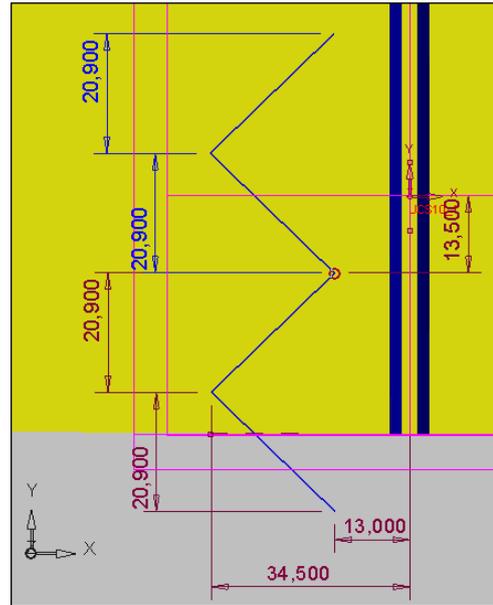


Рисунок 11 – Копирование эскиза звена контура

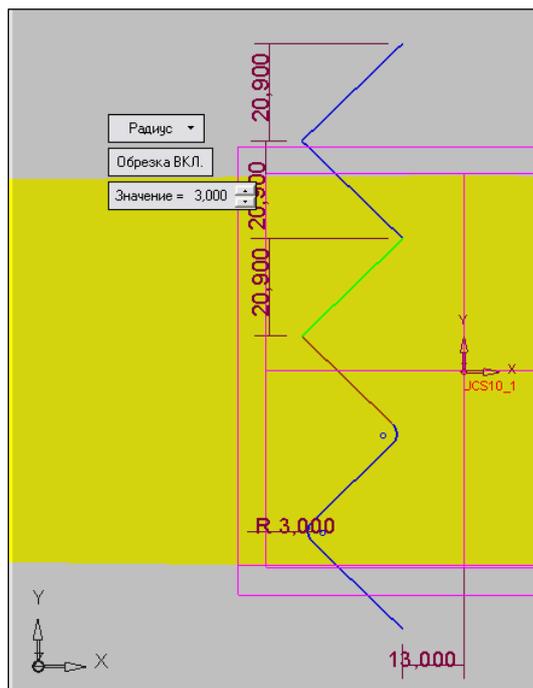


Рисунок 12 – Скругление углов отрезков, составляющих контур

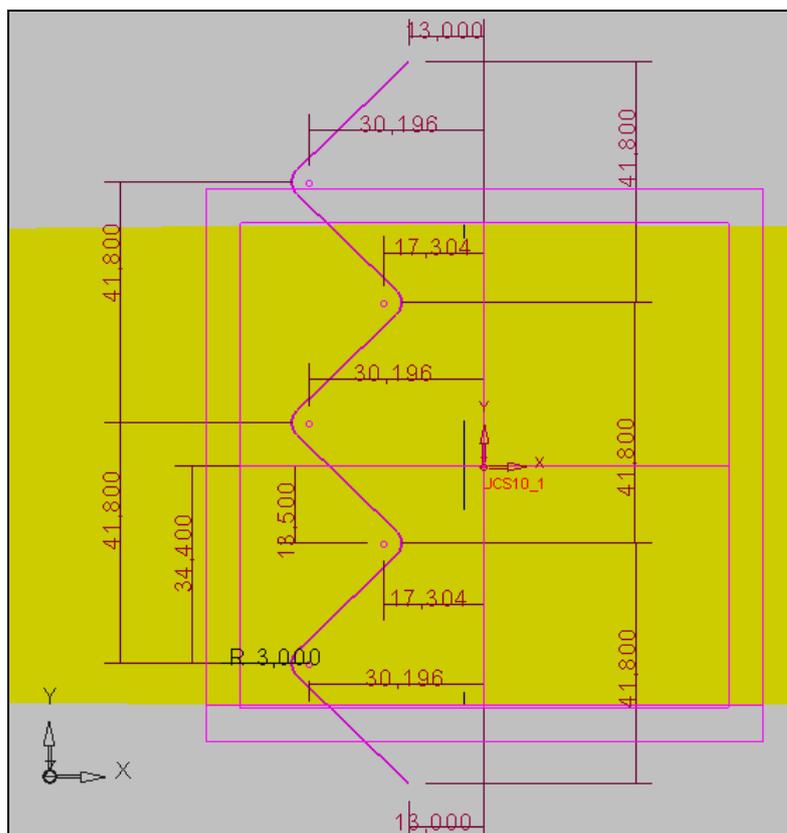


Рисунок 13 – Эскиз контура зигзагообразного элемента рисунка вкладыша в продольном сечении

Рисунок вкладыша состоит из нескольких зигзагообразных канавок, имеющих различные размеры. Каждая канавка имеет канавку-копию, смещенную на определенное расстояние по ширине вкладыша. Построим копию эскиза контура с помощью функции «Создать единичную копию» которую можно открыть из меню «Правка». Копируем эскиз контура зигзагообразной канавки, переместив его на определенные расстояния по осям координат.

Заметим, что эскиз контура элемента в продольном сечении построен не на сферической поверхности вкладыша, а в плоскости, касательной к этому контуру. Получить эскиз на сферической поверхности возможно с применением проекции. Воспользуемся функцией «Проекция» каркасного моделирования в Simatрон. Данная функция вызывается из пункта меню «Кривые». В качестве проецируемого контура указываем построенный эскиз, а в качестве плоскости, на которую производится проецирование, отмечаем сферическую поверхность вкладыша (рисунок 14). Аналогично осуществляем проецирование скопированного контура на сферическую поверхность вкладыша.

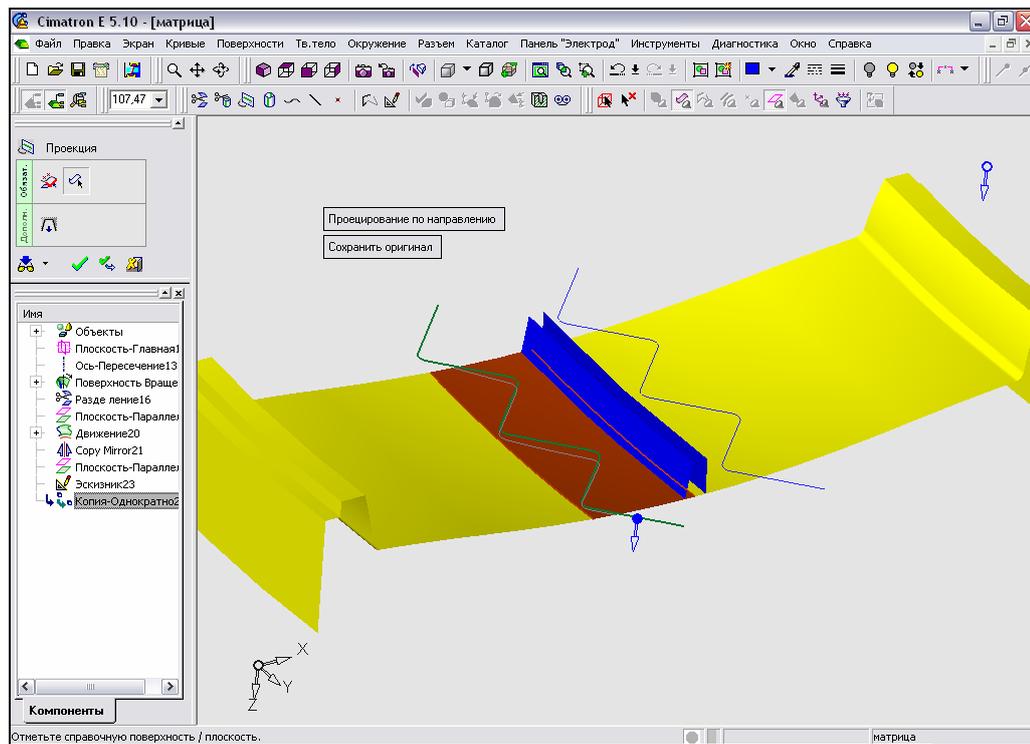


Рисунок 14 – Указание плоскости, на которую производится проецирование

Для более точного воспроизведения контура на поверхности вкладыша зададим направление проецирования. В контекстном меню операции выбираем опцию «Нормально к плоскости/поверхности» (рисунок 15). Отмечаем в качестве такой поверхности сферическую поверхность вкладыша.

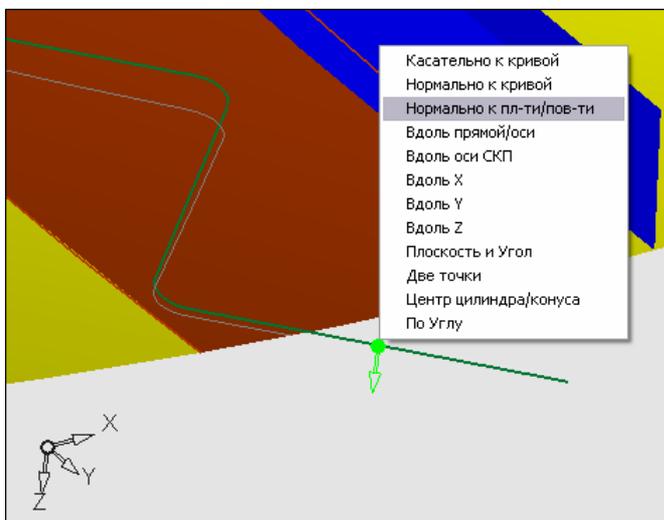


Рисунок 15 – Задание направления проецирования контура на поверхность вкладыша

Спроецированные контуры представлены на рисунке 16.

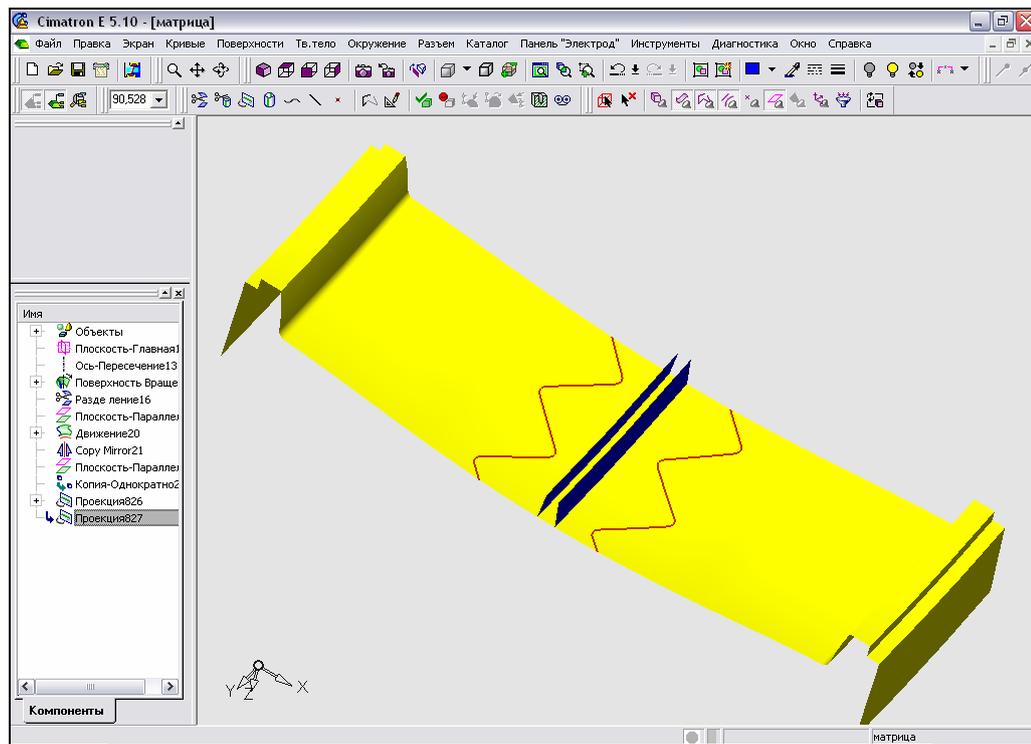


Рисунок 16 – Контуры, спроецированные на сферическую поверхность вкладыша

Аналогичным образом производим построение контуров остальных зигзагообразных канавок (рисунки 17, 18, 19, 20).

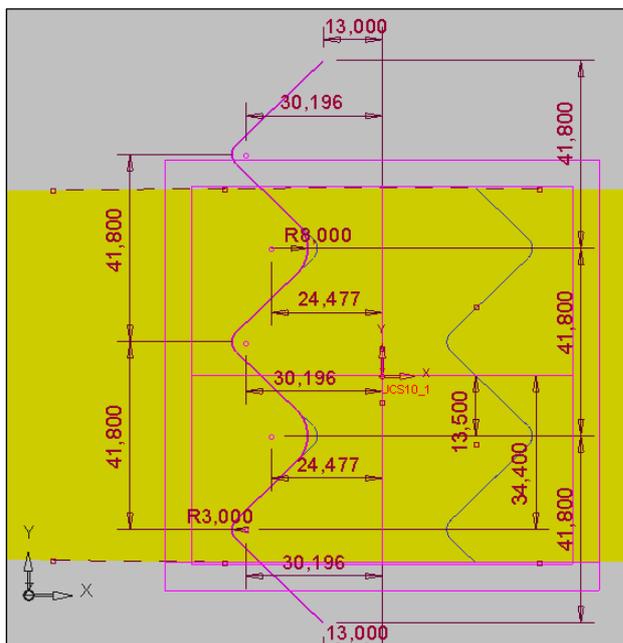


Рисунок 17 – Эскиз контура зигзагообразной канавки, построенный в плоскости, касательной к поверхности вкладыша

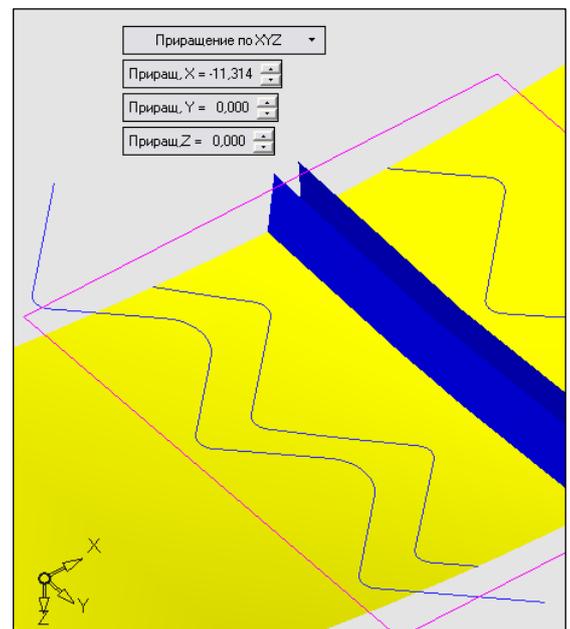


Рисунок 18 – Перемещение эскиза контура зигзагообразной канавки путем задания приращения по осям координат

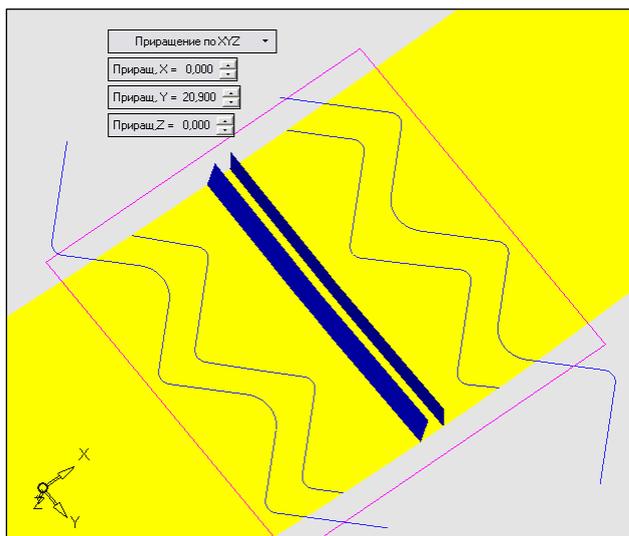


Рисунок 19 – Перемещение отраженного эскиза контура зигзагообразной канавки

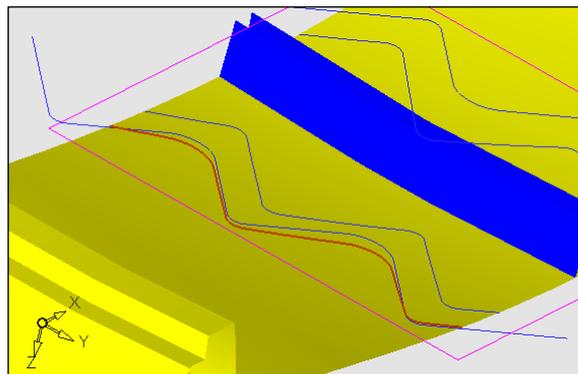


Рисунок 20 – Проецирование эскиза контура канавки на поверхность вкладыша

Построенные эскизы контуров зигзагообразных канавок представлены на рисунке 21.

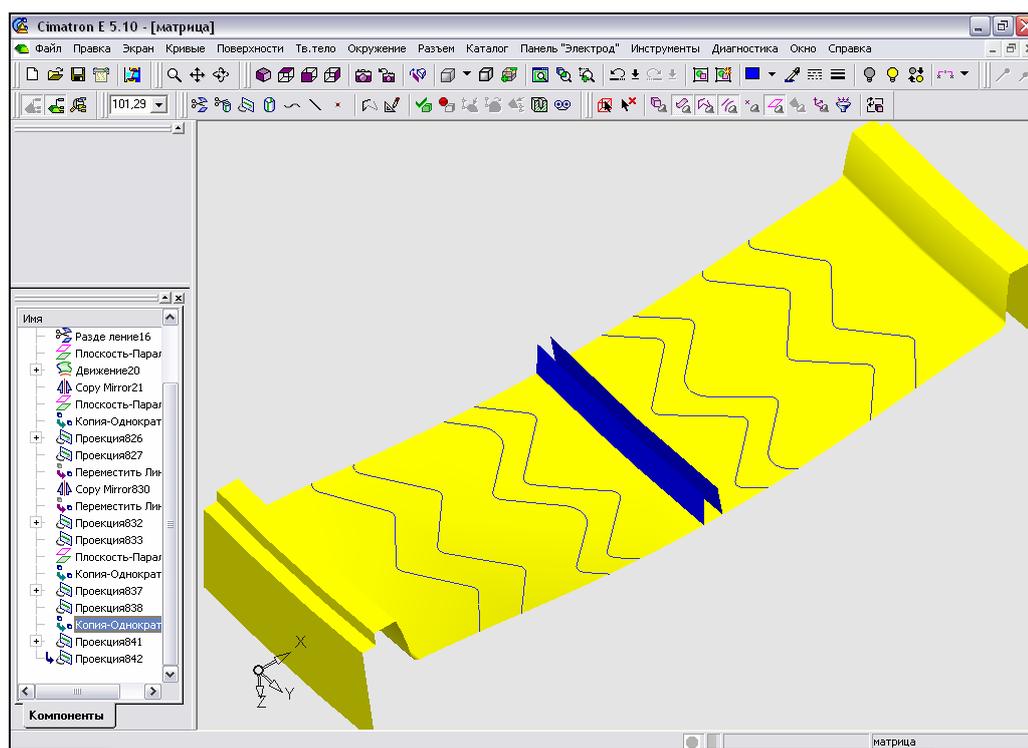
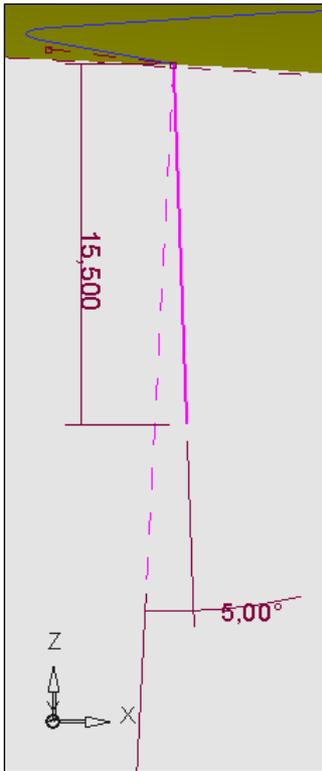


Рисунок 21 – Эскизы контуров зигзагообразных канавок

• **Построение поверхностей зигзагообразных элементов рисунка вкладыша.** Для создания боковых поверхностей зигзагообразных элементов воспользуемся функцией «Движение» моделирования поверхностей в Simatрон. Данная функция может быть вызвана из меню «Поверхности». В качестве траектории зададим проекцию эскиза контура канавки в продольном сечении на поверхность вкладыша, а в качестве сечения – эскиз части контура канавки в поперечном сечении. Построение последнего производим в плоскости, параллельной главной плоскости ZX (рисунок 22).



Эскиз контура канавки в поперечном сечении создаем для каждой проекции. С помощью функции «Создать зеркальную копию» ускоряем построение эскизов, отразив их относительно плоскости ZY (рисунок 23).

Рисунок 22 – Эскиз части контура зигзагообразной канавки в поперечном сечении

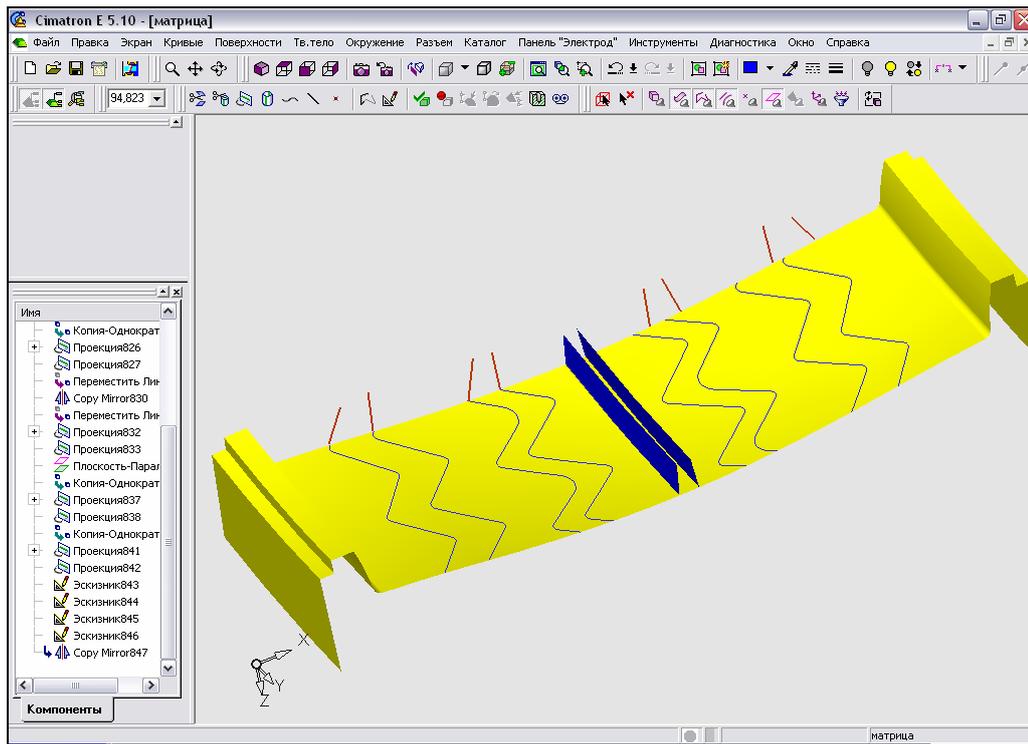


Рисунок 23 – Эскизы контуров зигзагообразных канавок в поперечном сечении

Создаем боковые поверхности каждой зигзагообразной канавки, указав необходимые параметры для операции «Движение» (рисунок 24).

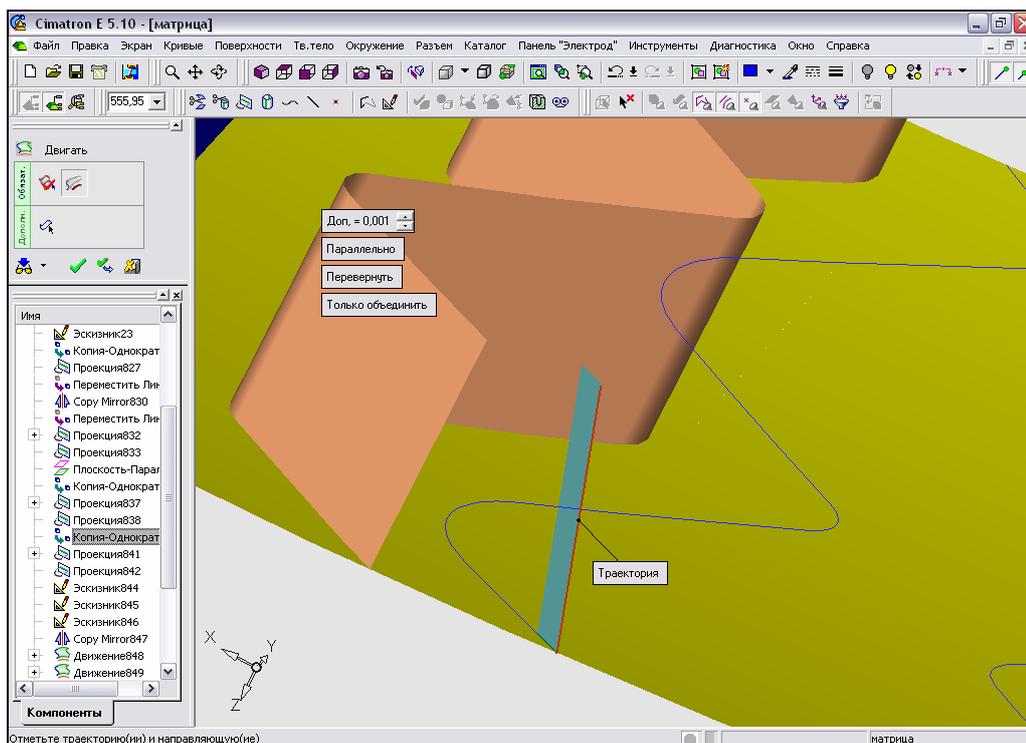


Рисунок 24 – Создание поверхности зигзагообразной канавки движением

Построенные поверхности зигзагообразных канавок вкладыша представлены на рисунке 25.

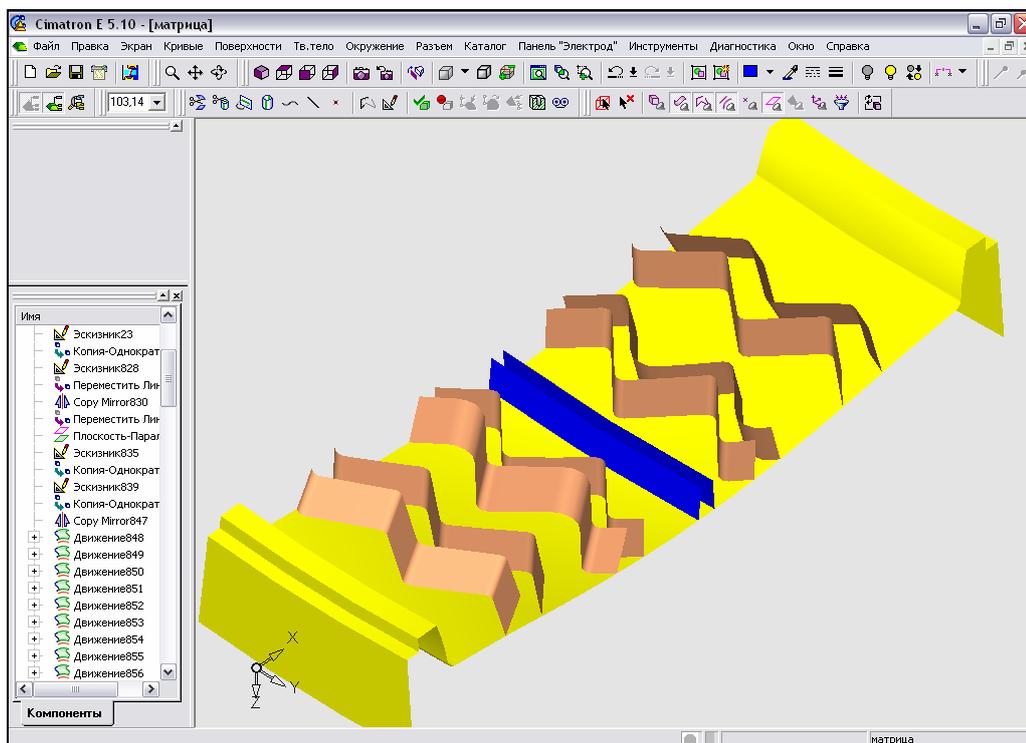


Рисунок 25 – Поверхности зигзагообразных канавок рисунка вкладыша, построенные с помощью функции «Движение»

- **Построение поверхностей карманов.** Создание данного элемента начинаем с построения эскиза контура кармана в поперечном сечении (рисунок 26). Эскизирование осуществляем в плоскости ZX.

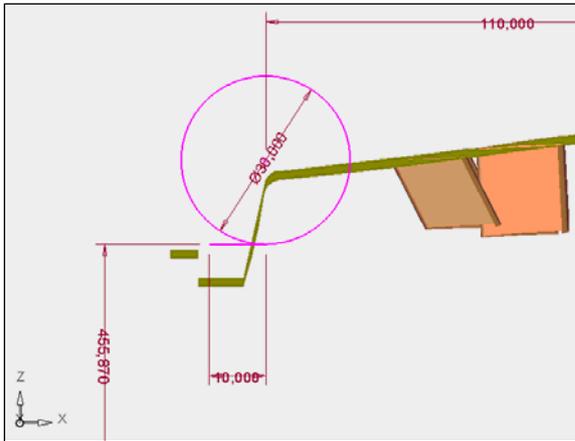


Рисунок 26 – Эскиз контура кармана в поперечном сечении

Далее строим эскиз контура кармана в продольном сечении, причем плоскостью эскизирования является плоскость XY (рисунок 27), и проецируем его на сферическую поверхность вкладыша.

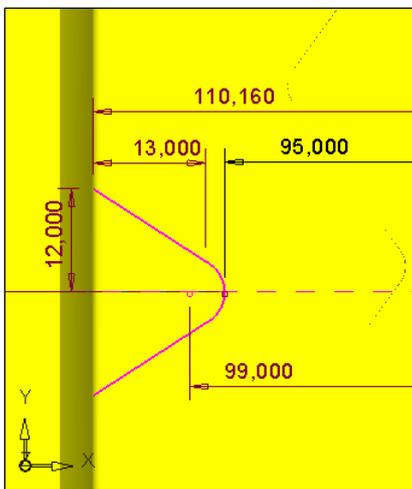


Рисунок 27 – Эскиз контура кармана в продольном сечении

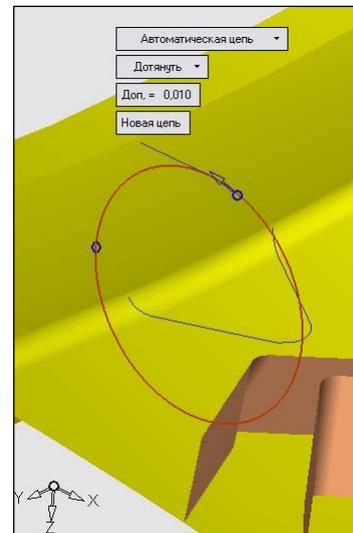


Рисунок 28 – Создание составной кривой

На основе эскиза контура кармана в поперечном сечении создадим две составных кривых: окружность (рисунок 28) и отрезок.

Осуществляем обрезку кривой окружности, указав в качестве секущей плоскости торцовую поверхность вкладыша (рисунок 29).

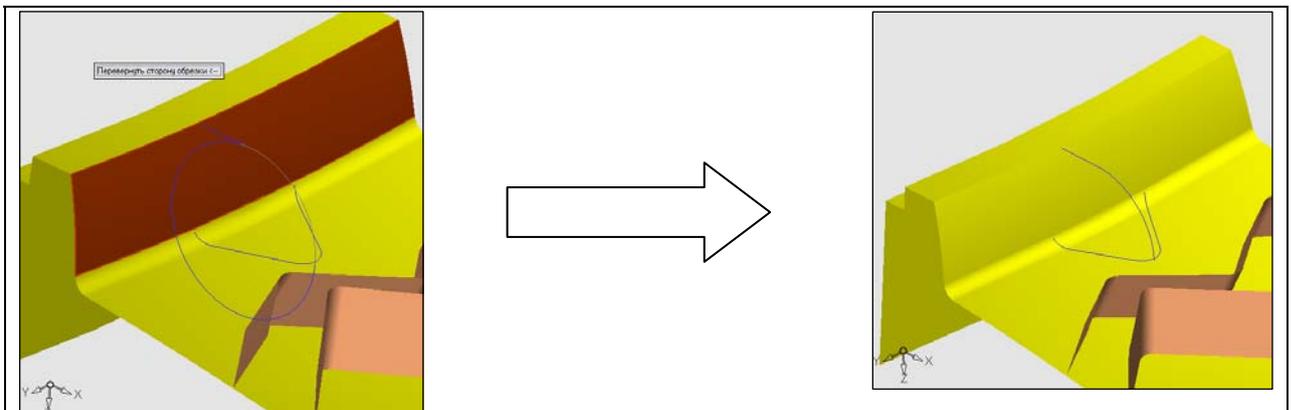


Рисунок 29 – Обрезка кривой эскиза торцовой поверхностью вкладыша

С помощью функции «Вытяжка» моделирования поверхностей создаем одну из поверхностей кармана (рисунок 30).

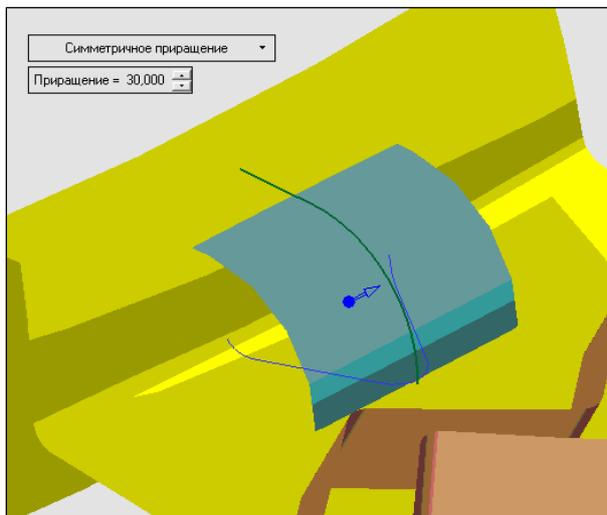


Рисунок 30 – Создание одной поверхности кармана с применением симметричного вытягивания

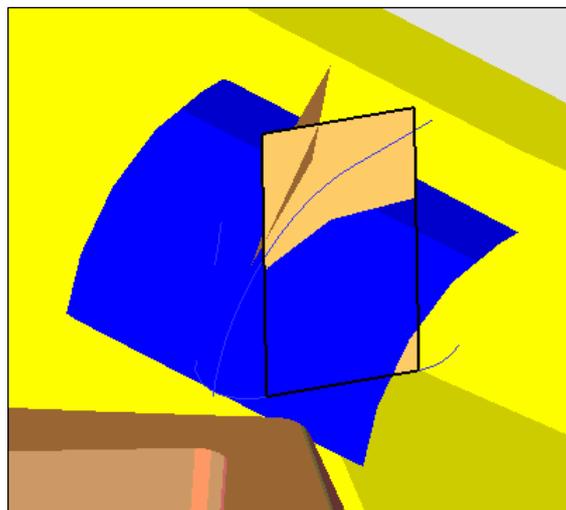


Рисунок 31 – Создание боковых поверхностей кармана с применением вытягивания с уклоном

Вытягивая стороны эскиза контура кармана в продольном сечении с помощью той же функции моделирования поверхностей, создаем боковые поверхности кармана (рисунок 31). Обрезаем построенные поверхности, применяя функцию «Обрезка» моделирования поверхностей (рисунок 32).

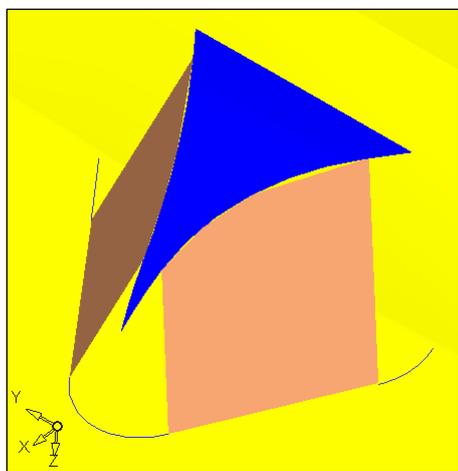


Рисунок 32 – Обрезка поверхностей кармана

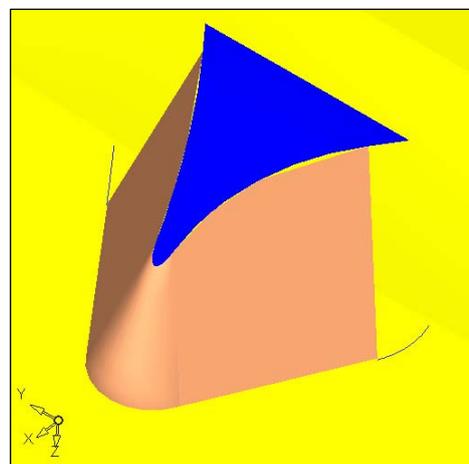


Рисунок 33 – Создание плавного сопряжения поверхностей кармана с помощью функции «Угол»

Для создания плавного сопряжения поверхностей кармана воспользуемся функцией «Угол» моделирования поверхностей (рисунок 33).

Построим плавное сопряжение поверхностей кармана с торцевой поверхностью вкладыша. Вытянем части эскиза контура, лежащие на галтельном сопряжении (рисунок 33), для того, чтобы получить кривую пересечения боковых поверхностей кармана и торцевой поверхности вкладыша (рисунок 34). Получим две вспомогательные плоскости.

Для скругления сопряжения кривых используем функцию «Угловой радиус» каркасного моделирования в Сimatron (рисунок 35).

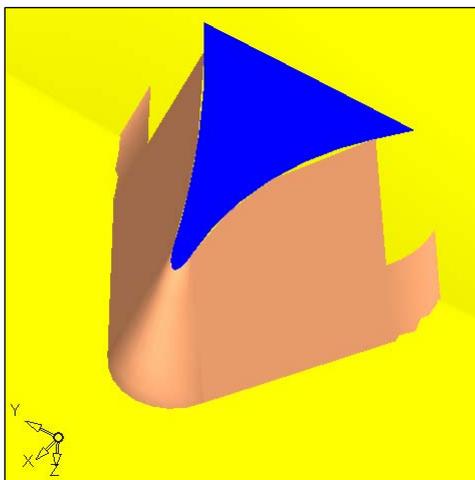


Рисунок 34 – Создание поверхностей кармана с помощью вытягивания

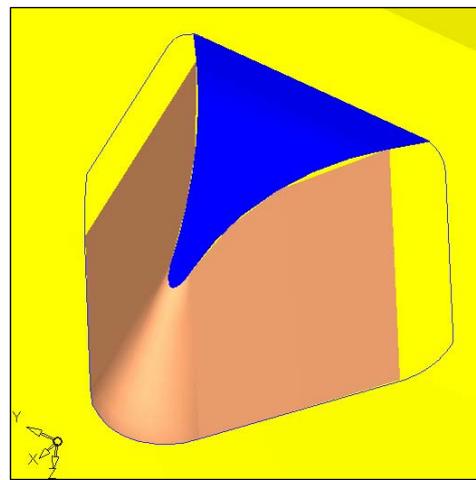


Рисунок 35 – Скругление сопряжения кривых

Создаем плавное сопряжение боковой поверхности кармана с торцевой поверхностью вкладыша, применяя функцию «Сопряжение» моделирования поверхностей (рисунок 36). На рисунке цифрами 1 и 2 помечены сечения, через которые должна проходить поверхность сопряжения.

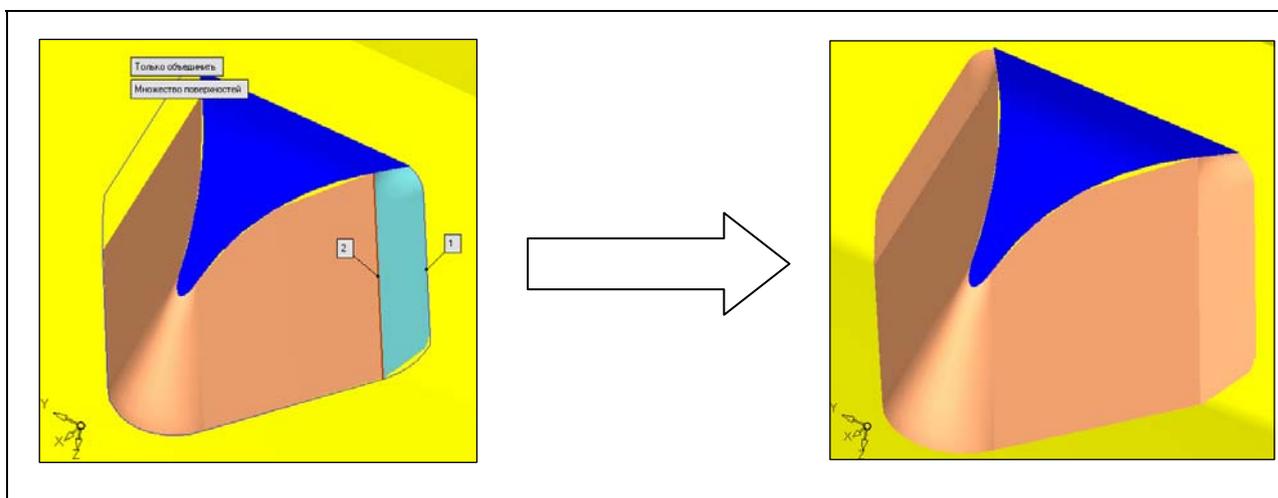


Рисунок 36 – Создание плавного сопряжения поверхностей с применением функции «Сопряжение»

Осуществим подавление двух компонентов – вспомогательных поверхностей сопряжения, построенных с помощью вытягивания. После этого в дереве компонентов появится отметка напротив соответствующих пунктов (рисунок 37).

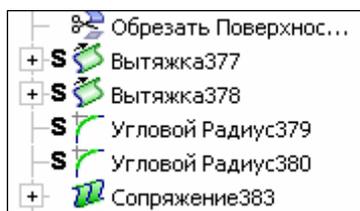


Рисунок 37 – Подавление компонентов выполнено

Сочетая операции перемещения и зеркального отражения, задаем необходимое расположение карманов (рисунок 38).

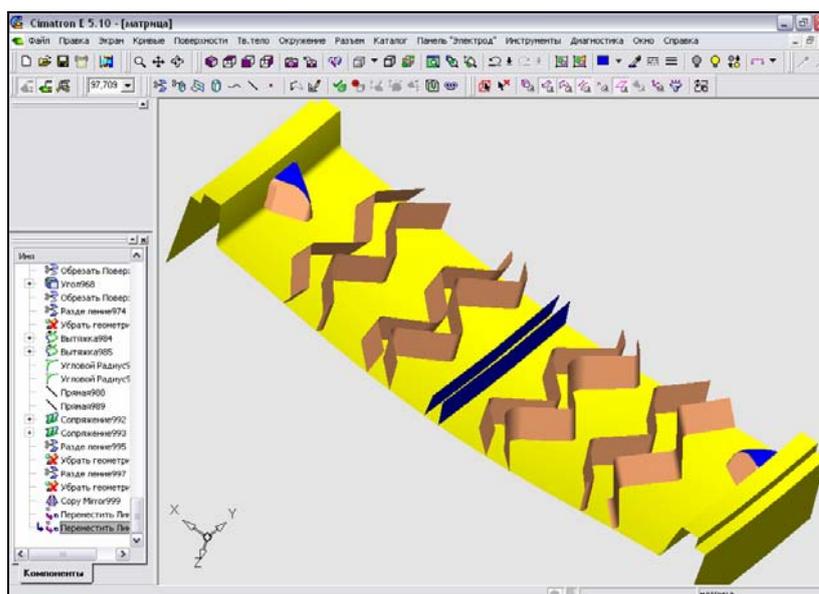


Рисунок 38 – Необходимое расположение карманов достигнуто

• **Завершение построения поверхностей зигзагообразных канавок.** Согласно чертежу вкладыша, поверхности зигзагообразных канавок, отстоящих на наибольшем расстоянии друг от друга, имеют плавное сопряжение. Для создания такого сопряжения на 3D-модели построим поверхность, эквидистантную сферической поверхности вкладыша на расстоянии 12 мм (рисунок 39). Для этого воспользуемся функцией «Эквидистанта» моделирования поверхностей. Осуществляем копирование соответствующих эскизов контура зигзагообразной канавки в продольном сечении и проецирование их на эквидистантную поверхность (см. рисунок 39).

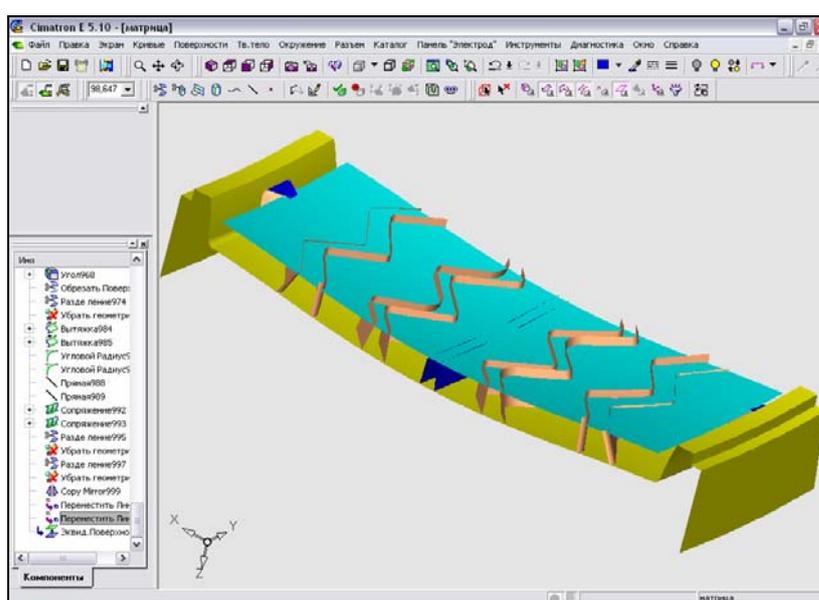


Рисунок 39 – Поверхность, эквидистантная криволинейной поверхности вкладыша

В плоскости, параллельной плоскости ZX, производим построение эскиза контура поверхности сопряжения канавки в поперечном сечении (рисунок 40).

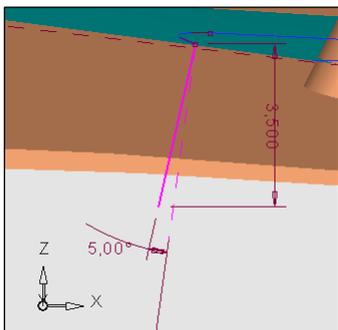


Рисунок 40 – Эскиз контура поверхности сопряжения канавки в поперечном сечении

Аналогично ранее построенным с помощью функции «Движение» поверхностям, создаем поверхность сопряжения канавки (рисунок 41). На рисунке она выделена синим цветом.

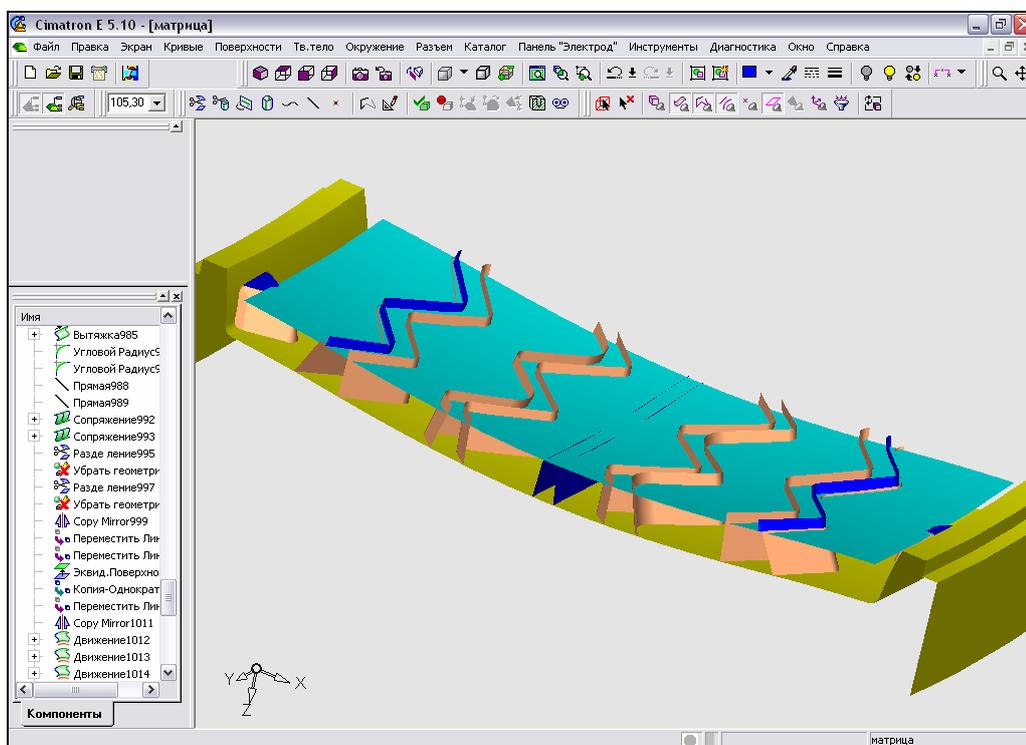


Рисунок 41- Поверхность сопряжения зигзагообразной канавки

Создаем вторую эквидистантную поверхность на расстоянии 15,5 мм от сферической поверхности вкладыша. С помощью функции «Галтель» моделирования поверхностей производим скругление сопряжений поверхностей канавок и карманов с эквидистантной поверхностью (рисунок 42). На рисунке галтели окрашены в розовый цвет.

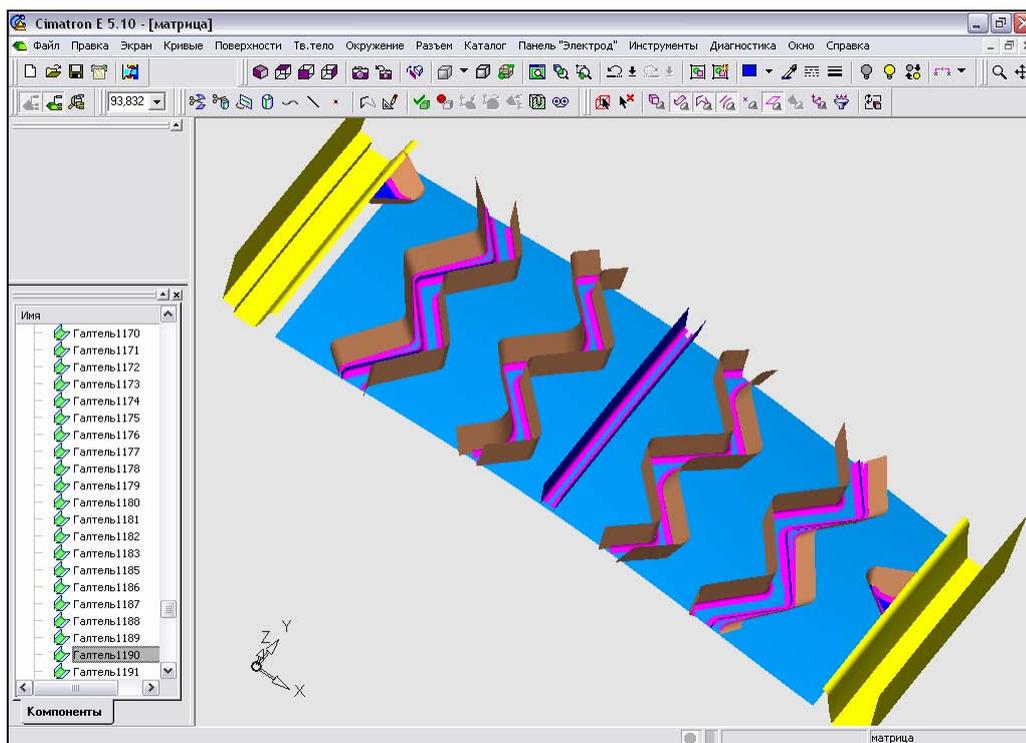


Рисунок 42 – Скругление сопряжений поверхностей канавок и карманов с эквидистантной поверхностью (для удобства просмотра часть поверхностей модели скрыта)

Итак, построение 3D-модели вкладыша завершено. 3D-модель вкладыша представлена на рисунке 43.

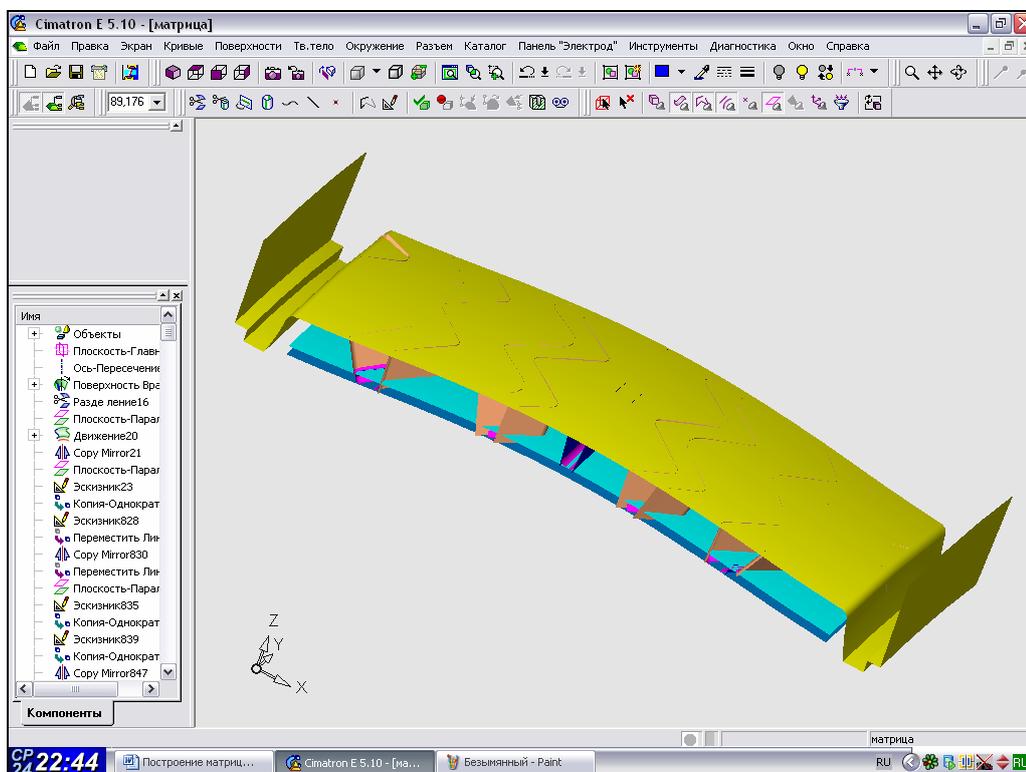


Рисунок 43 – 3D-модель вкладыша

### 1.3.2.2 Построение 3D-модели матрицы

Матрица является формообразующей деталью пакета пресс-формы для отливки вкладыша. Поверхности вкладыша и матрицы имеют различные размеры вследствие явления литейной усадки алюминиевого сплава, из которого изготавливается вкладыш.

- **Создание 3D-модели матрицы.** Рисунок вкладыша симметричен рисунку матрицы (рисунок 44). Из этого следует, что 3D-модель вкладыша можно рассматривать как 3D-модель матрицы, только без учета литейной усадки.

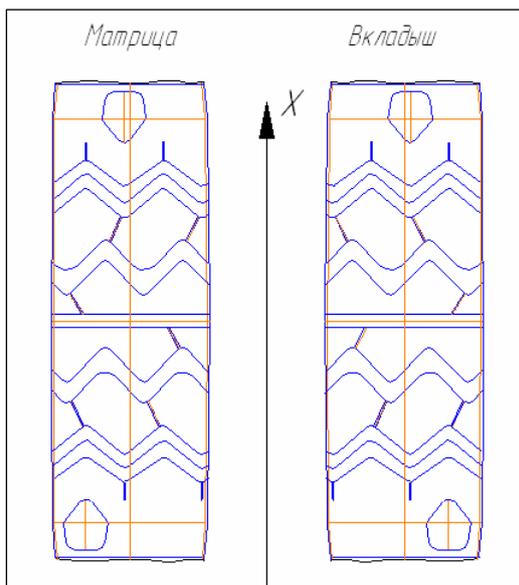


Рисунок 44 – Рисунок матрицы симметричен рисунку вкладыша относительно оси X

- **Литейная усадка.** Для создания поверхностей 3D-модели матрицы воспользуемся масштабированием – функцией твердотельного моделирования в Simatрон, которую можно вызвать из одноименного пункта меню «Твердое тело». Указываем величину коэффициента литейной усадки 1,003 для алюминиевого сплава.

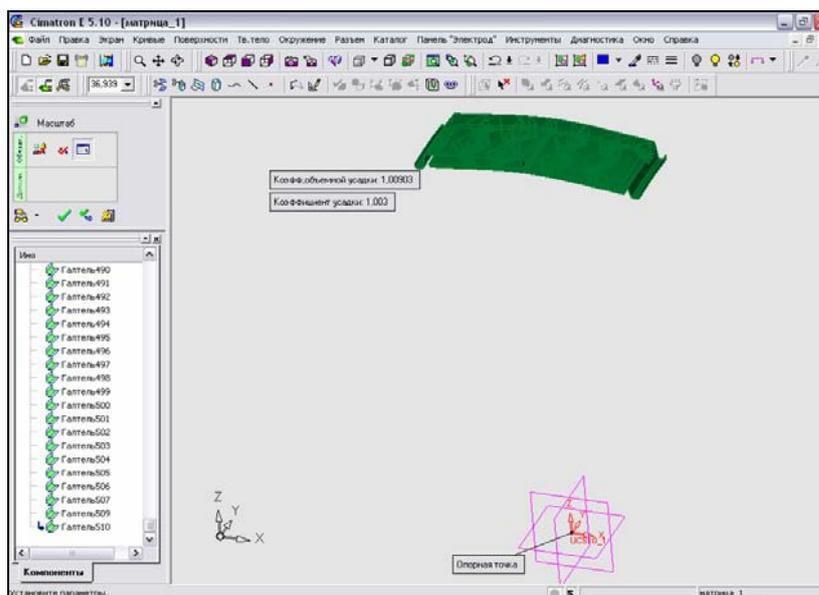


Рисунок 45 – Получение 3D-модели матрицы путем масштабирования

• **Построение основных поверхностей 3D-модели матрицы.** Комбинируя различные операции моделирования поверхностей («Продление», «Обрезка», «Вытяжка»), строим поверхности замка и другие поверхности основного профиля матрицы (рисунок 46).

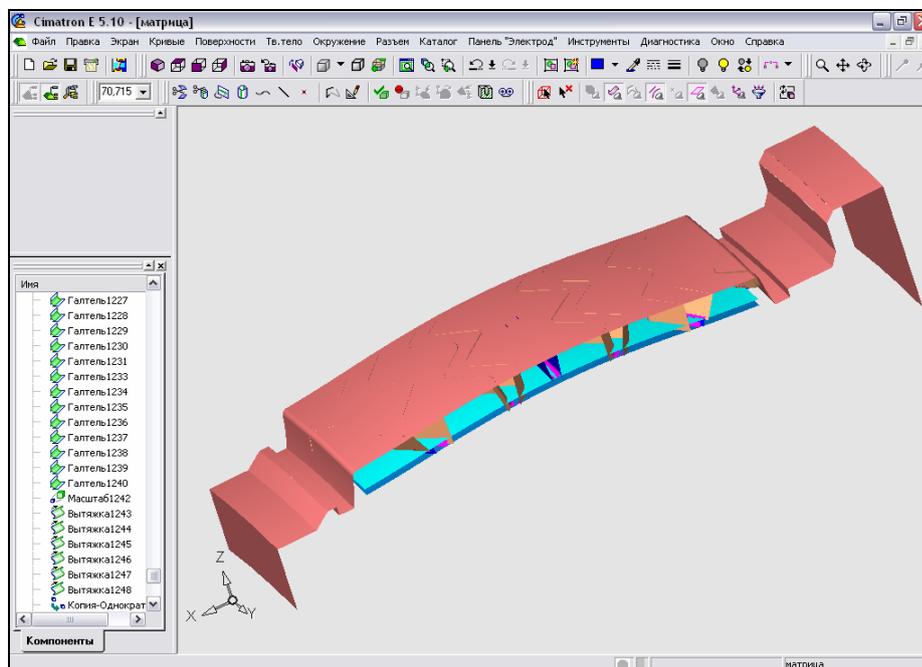
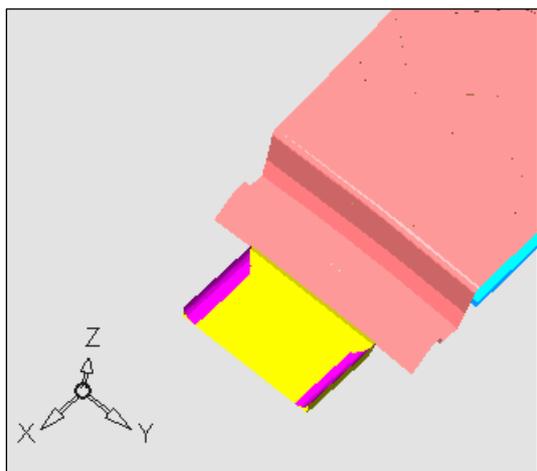


Рисунок 46 – Основной профиль матрицы



Дополняем 3D-модель матрицы, построив поверхности литника (рисунок 47).

Рисунок 47 – Построение литника (для удобства просмотра некоторые поверхности модели скрыты)

• **Построение контуров щелей под ножевые элементы.** Одним из этапов обработки матрицы на фрезерном станке с ЧПУ является нанесение на сферическую поверхность матрицы разметки контуров щелевых отверстий для вставки ножевых элементов. По этой разметке на следующей, электроэрозионной операции производится прожиг щелевых отверстий.

В плоскости, параллельной плоскости XY и максимально приближенной к сферической поверхности модели, строим эскиз контуров щелевых отверстий и проецируем его на сферическую поверхность модели матрицы (рисунок 48).

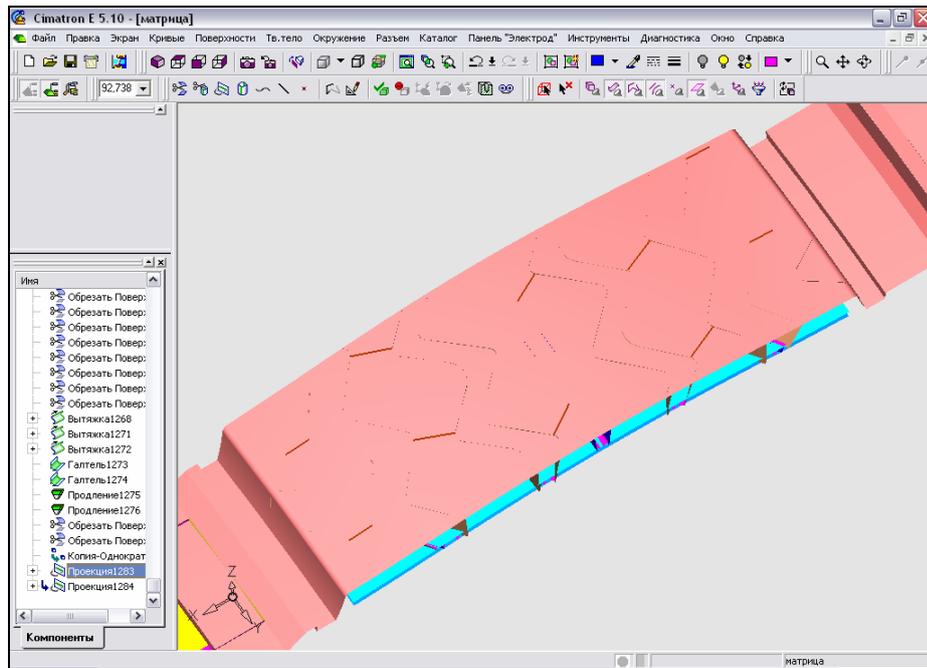


Рисунок 48 – Контурные шели под ножевые элементы

• **Создание системы координат ЧПУ-обработки.** В процессе разработки УП фрезерования матрицы необходимо будет задать исходное положение инструмента, привязав его к некой системе координат. С помощью функции создания СКП копированием, вызывающейся из меню «Окружение», построим СКП, расположив точку начала координат на поверхности 3D-модели матрицы. При этом осуществляем поворот СКП на  $90^\circ$  вокруг оси Z (рисунок 49).

Итак, построение 3D-модели матрицы завершено (см. рисунок 49).

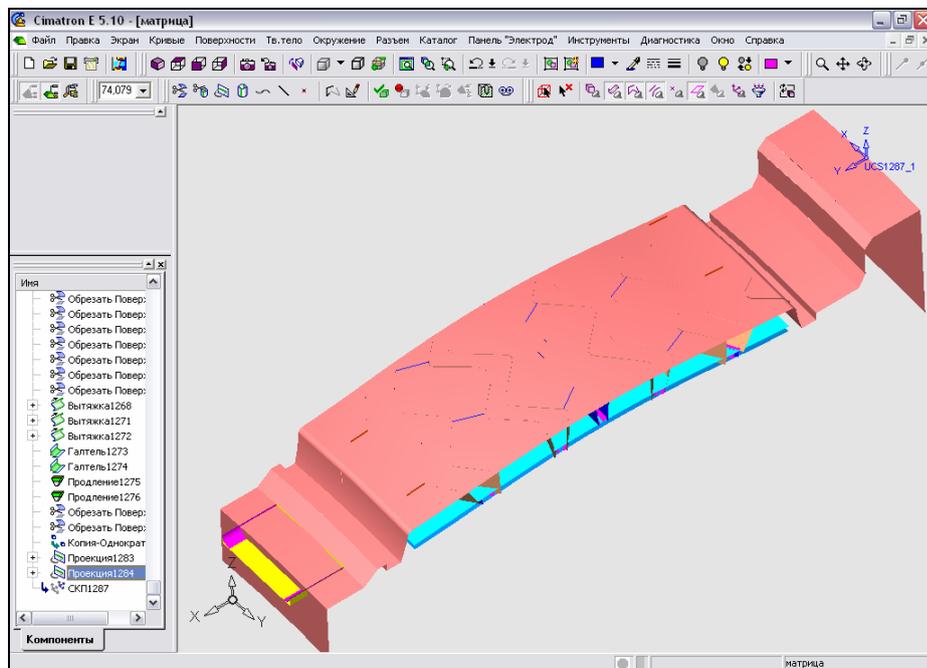


Рисунок 49 – 3D-модель матрицы

### 1.3.3 Моделирование в CAD/CAM Cimatron E 5.10 фрезерной обработки матрицы

Одним из этапов технологической подготовки изготовления пресс-формы для литья вкладыша на ОАО «ИФО» является создание УП для обработки матрицы на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ. Разработка УП в Cimatron производится для ранее построенной 3D-модели матрицы. Фрезерованием на станке с ЧПУ получают только те поверхности детали, обработку которых вследствие сложности профиля обрабатываемых поверхностей и высоких требований к их точности невозможно произвести на другом оборудовании.

На этапе моделирования ЧПУ-обработки детали необходимо решить вопрос о количестве осей обработки. Как отмечалось в пункте 3.1, Cimatron предлагает осуществить ЧПУ-обработку всеми возможными типами: 2,5-, 3-, 4-, 5-осевое фрезерование.

На этапе ЧПУ-обработки матрицы необходимо получить поверхности только той стороны детали, на которой находится рисунок. Значит, для того, чтобы осуществить фрезерование, достаточно только вертикального положения инструмента. Поскольку канавки рисунка матрицы имеют сложный пространственный профиль, требуется, чтобы инструмент получил и перемещение в плоскости XY. Итак, для ЧПУ-обработки поверхностей рисунка матрицы подходит 3-х осевое фрезерование, при котором инструмент сохраняет вертикальное положение и может совершать движения в пространстве XYZ.

Поверхности матрицы имеют сложный профиль и к ним предъявляются высокие точностные требования. Поэтому фрезерование матрицы рациональней провести за несколько проходов, используя на каждом проходе фрезы различной геометрии и размеров.

Последовательность фрезерной обработки матрицы по УП такова:

- 1) Черновая обработка основного профиля матрицы, а именно:
  - сферической поверхности рисунка матрицы;
  - поверхностей замка;
  - поверхности литника;
  - поверхностей боковых канавок.
- 2) Чистовая обработка основного профиля матрицы, а именно:
  - сферической поверхности рисунка матрицы;
  - поверхностей замка;
  - боковых канавок;
  - поверхности литника.
- 3) Черновая обработка поверхностей зигзагообразных канавок и карманов.
- 4) Чистовая и окончательная обработка поверхностей зигзагообразных канавок и карманов.
- 5) Нанесение разметки для прожигания щелевых отверстий и подрезки торцов.

### 1.3.3.1 Моделирование черновой обработки основного профиля матрицы

- **Задание моделирования ЧПУ-обработки.** При создании документа УП из предлагаемых модулей выбираем подсистему обработки с ЧПУ (рисунок 50) и указываем миллиметры в качестве единиц измерения.

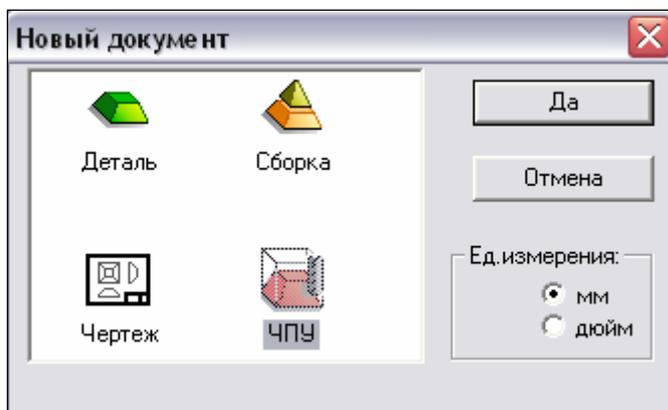


Рисунок 50 – Выбор подсистемы ЧПУ-обработки при создании файла управляющей программы

- **Загрузка 3D-модели.** Указанием в проводнике Сimatron загружаем 3D-модель матрицы – детали, которую необходимо получить в результате ЧПУ-обработки. С помощью функции «Импорт» размещаем модель детали в СКП документа УП.

- **Выбор режущего инструмента.** Проанализируем геометрию поверхностей матрицы с точки зрения инструмента для их обработки. Канавки матрицы имеют множество галтельных сопряжений радиусом 0,75 мм, 1 мм, 2 мм. Эти поверхности возможно получить фрезерованием инструментом с угловым радиусом не более 2мм. Линии разметки должны быть тонкими, но не шире толщины целевого отверстия (0,83 мм). Поэтому для нанесения разметки необходима фреза как можно меньшего диаметра, например 0,1 мм. В диалоговом окне «Инструменты и державки» (рисунок 51) вводим параметры режущего инструмента (фрез), который подойдет для обработки матрицы. Данный список может быть пополнен широкой номенклатурой инструмента, содержащейся во внутренней библиотеке Сimatron (рисунок 52).

- **Моделирование черновой обработки основного профиля матрицы.** Для разработки УП чернового фрезерования поверхностей основного профиля матрицы необходимо создать траекторию инструмента – последовательность процедур обработки, выполняемых с учетом заданного числа осей станка.

Создаем траекторию «PREDV\_1» черновой обработки поверхностей основного профиля матрицы (рисунок 53). Траектория – это последовательность процедур обработки, выполняемых с учетом заданного числа осей станка. Выбираем тип траектории – 3-х осевая обработка. В качестве СКП указываем систему координат с началом в точке, лежащей на поверхности модели матрицы. Задаем координаты начальной точки траектории:  $x = 0$ ,  $y = 0$ . Вводим высоту  $z = 20$  мм плоскости безопасности.

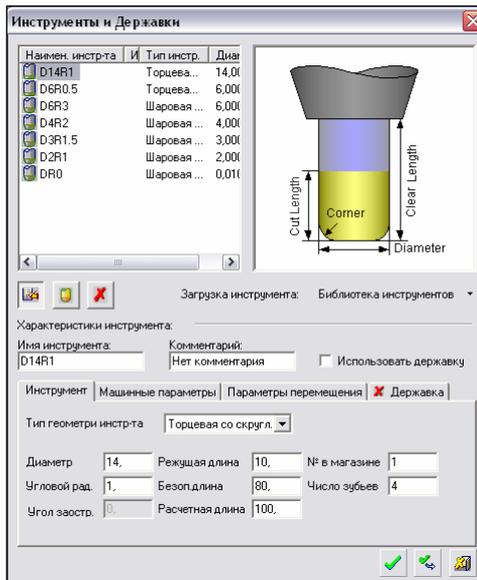


Рисунок 51 – Набор инструмента, требующегося для обработки матрицы

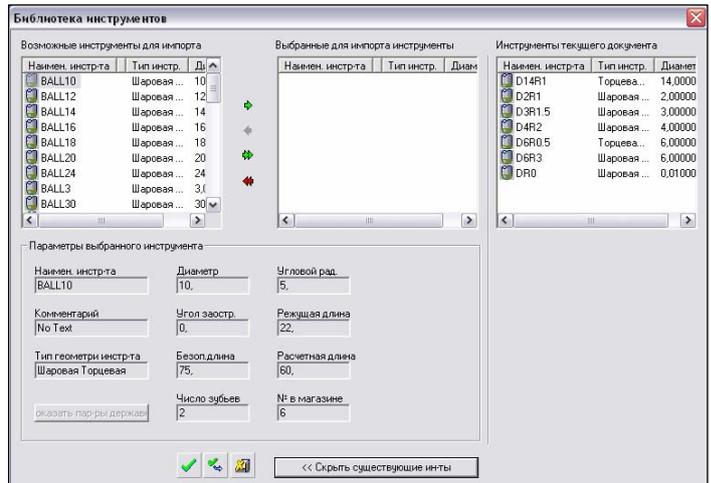


Рисунок 52 – Внутренняя библиотека режущего инструмента

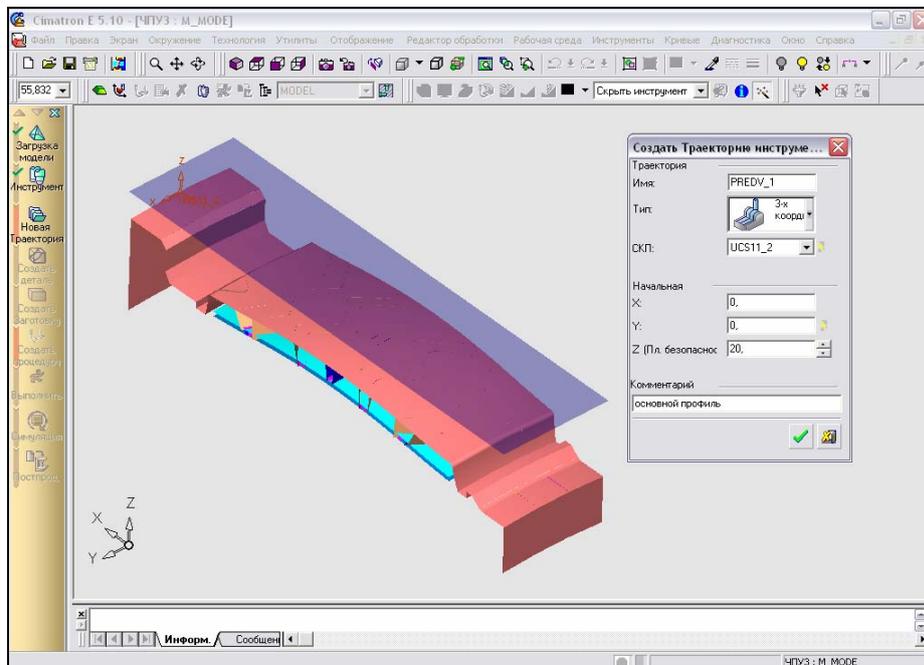


Рисунок 53 – Создание траектории черновой обработки основного профиля матрицы

Создаем деталь – процедуру, используемую для представления требуемого конечного состояния изготовленной детали (рисунок 54). Производим создание детали по поверхностям.

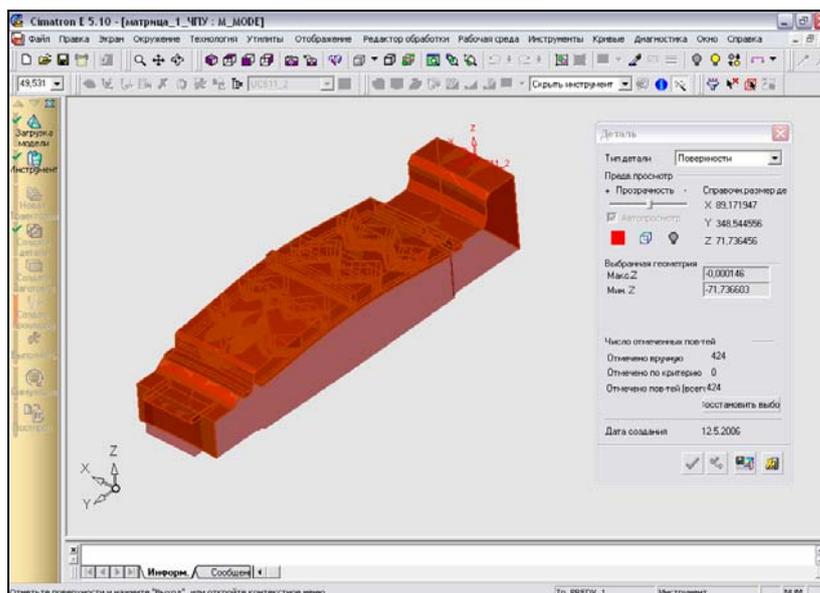


Рисунок 54 – Создание детали

Создаем заготовку – процедуру, используемую для представления исходного объема материала, из которого должна быть изготовлена деталь. Выбираем опцию создания заготовки ручным выбором поверхностей и указываем поверхности основного профиля модели матрицы. Результирующая заготовка будет создана по внешней границе выбранных элементов (рисунок 55).

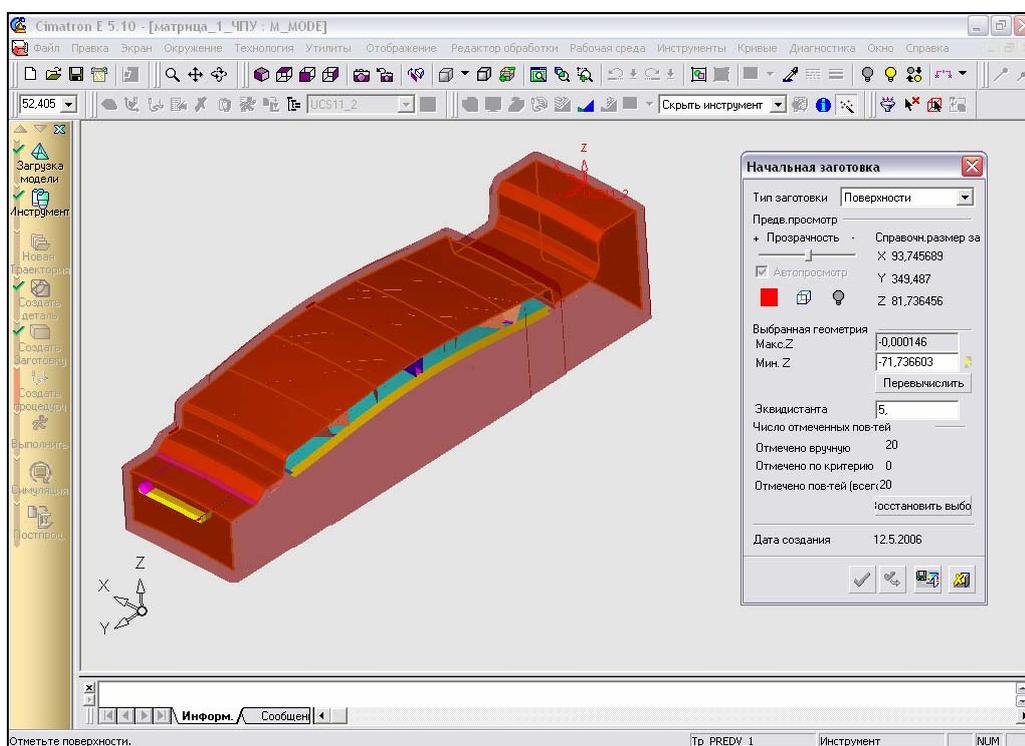


Рисунок 55 – Создание заготовки

Приступаем к созданию процедур механообработки. Необходимо произвести выбор технологии обработки. Simatрон предлагает несколько стратегий 3-х осевой обработки. На этапе черновой обработки основного контура матрицы наиболее рационально применение обработки «По линиям потока», т.е. фрезерования последовательности поверхностей,

расположенных одна за другой, вдоль их параметрических кривых (рисунок 56).

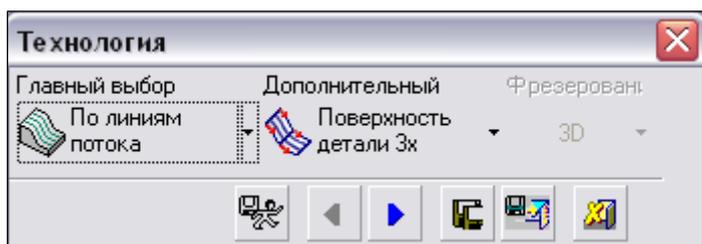


Рисунок 56 – Выбор технологии черновой обработки поверхностей основного контура матрицы

Из представленной номенклатуры (см. рисунок 51) выбираем инструмент для обработки – торцевую фрезу D14R1 (диаметр 14 мм, угловой радиус 1мм).

Произведем условное разделение поверхности основного контура матрицы на две части. Во избежание высокой нагрузки на инструмент осуществим поочередную обработку каждой части припуска таким образом, чтобы при подходе к заготовке фреза не полностью врезалась в материал. При задании геометрии обработки отмечаем поверхности детали, подлежащие обработке (рисунок 57), при этом отображается направление фрезерования.

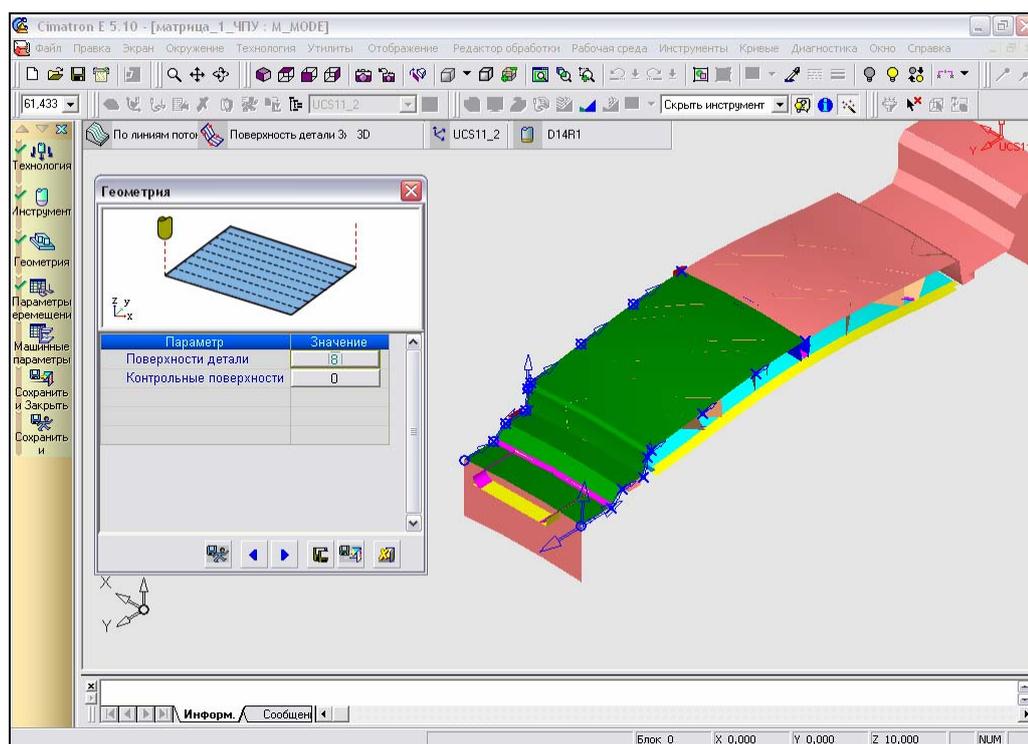


Рисунок 57 – Выбор поверхностей основного контура матрицы, подлежащих черновой обработке

Задаем параметры перемещения.

- ✓ Подход и отход инструмента к контуру обрабатываемой поверхности (рисунок 58) осуществляем параллельно оси  $Z$  в первой и последней точках резания.



Рисунок 58 – Параметры подхода и отхода инструмента к контуру

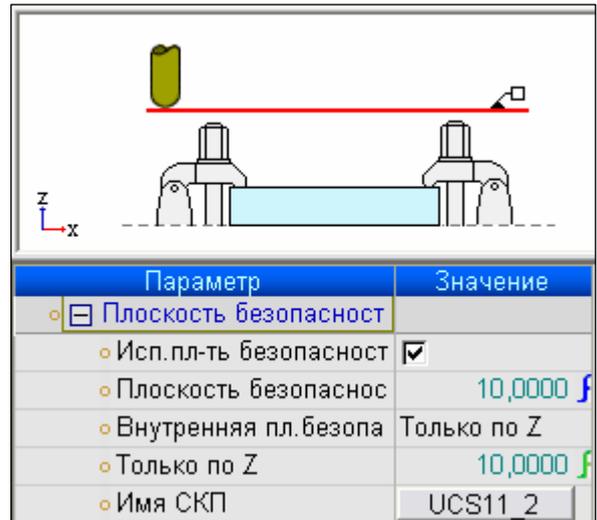


Рисунок 59 – Параметры использования плоскости безопасности

- ✓ Плоскость безопасности (рисунок 59) – исходное положение инструмента по оси  $Z$  (в стартовой точке перемещений). Значение «Только по  $Z$ » параметра «Внутренняя плоскость безопасности» означает, что при движении инструмента к уровню безопасных перемещений, он всегда будет двигаться к плоскости безопасности.
- ✓ Точки входа и выхода (рисунок 60). Задаем значение параметра «DZ/Подача нач.» – уровня инструмента по оси  $Z$ , на котором инструмент переходит с ускоренной подачи на подачу врезания.

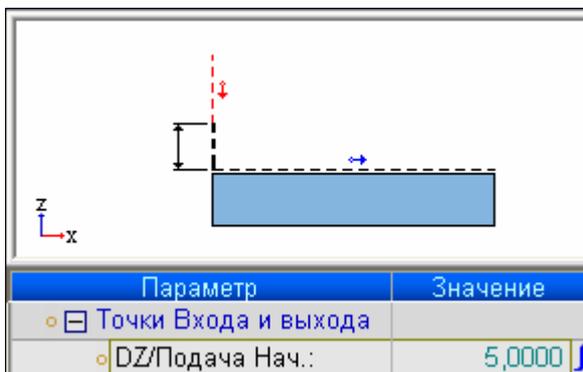


Рисунок 60 – Параметры точек входа и выхода при фрезеровании поверхностей по линиям потока

- ✓ Эквидистанта и допуск (рисунок 61). Устанавливаем величину эквидистанты к поверхности детали – толщину материала, остающегося над поверхностью после обработки. Указываем точность аппроксимации по допуску и максимальной длине аппроксимирующего треугольника (примем  $1/3$  диаметра фрезы). В результате обработки получается наиболее точная поверхность с малым радиусом кривизны (рисунок 62). Устанавливаем допуск аппроксимации – максимально допустимое отклонение от обрабатываемой поверхности детали.

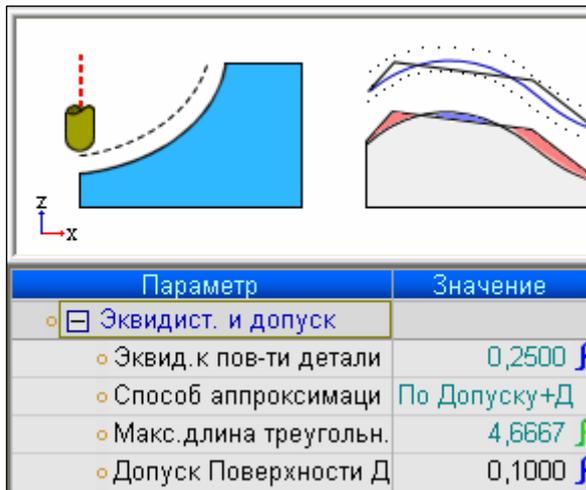
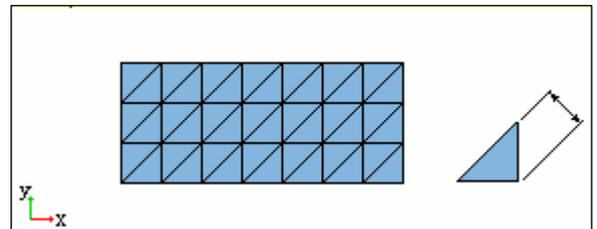


Рисунок 61 – Параметры эквидистанты и допуска

Рисунок 62 – Определение длины аппроксимирующего треугольника



- ✓ Траектория обработки (рисунок 63). Уточняем метод наложения шагов по максимальному 3D-шагу вбок, т.е. расстояние между проходами будет меньше заданного значения. Определяем характер обработки поверхности в обоих направлениях, т.е. при обработке каждый последующий проход выполняется противоположно предыдущему, таким образом, количество холостых ходов между проходами минимально. Задаем возможность перемещения инструмента как вверх, так и вниз. Устанавливаем контроль зарезаний обрабатываемых поверхностей.
- ✓ Оптимизация (рисунок 64), которая дает возможность использовать различные условия и параметры процедуры для сокращения времени обработки, увеличения срока службы инструмента и устранения возможных зарезаний и столкновений. Установим величину параметра «Безопасное расстояние» – приращение над высотой заготовки, на которое сместится инструмент вверх при ускоренных перемещениях инструмента.

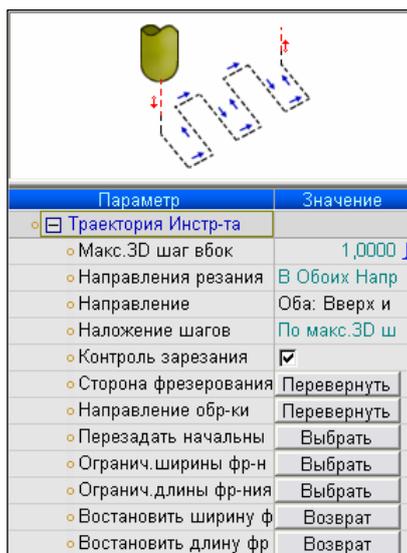


Рисунок 63 – Параметры траектории инструмента при фрезеровании по линиям потока

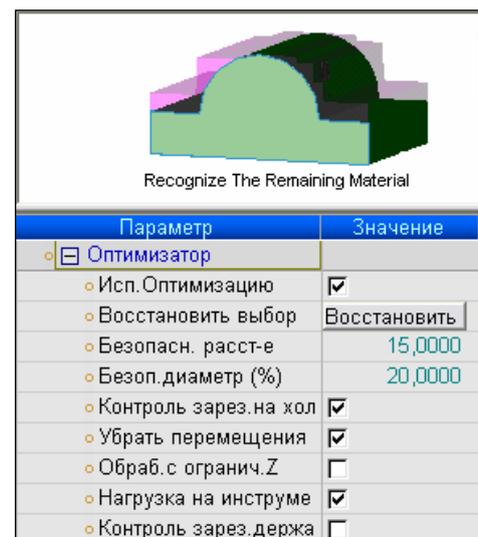


Рисунок 64 - Оптимизация

Задаем машинные параметры (рисунок 65), т.е. режим резания при черновой обработке поверхностей основного контура матрицы:

- скорость резания  $V_c$ , м·мин<sup>-1</sup>;
- частота вращения шпинделя, об·мин<sup>-1</sup>;
- рабочая подача, мм·мин<sup>-1</sup>;
- подача врезания, % от рабочей подачи, на которой инструмент движется при подходе к детали и при переходе от одного прохода к другому;
- боковая подача, % от рабочей подачи, при перемещениях инструмента между проходами;
- наличие коррекции инструмента, при включении этого параметра можно учитывать износ инструмента;
- наличие охлаждения;
- направление вращения шпинделя.

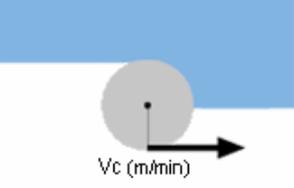
Машинные параметры	
	
Параметр	Значение
o $V_c$ (m/min)	25,0000
o Вращение	1000
o Подача (mm/min)	200,0000
o Холостые ходы	Быстро
o Подача врезания (%)	30
o Боковая подача (%)	100
o Подача вниз (%)	100
o + Коррекция инструме	<input type="checkbox"/>
o Охладитель	Жидкость
o Направл. Шпинделя	По час.стрелк
o Аппроксимация	Стандарт

Рисунок 65 – Станочные параметры

Итак, все параметры процедуры заданы, процедура может быть выполнена. После того, как расчет данной процедуры произведен, на экране отображается траектория инструмента (рисунок 66).

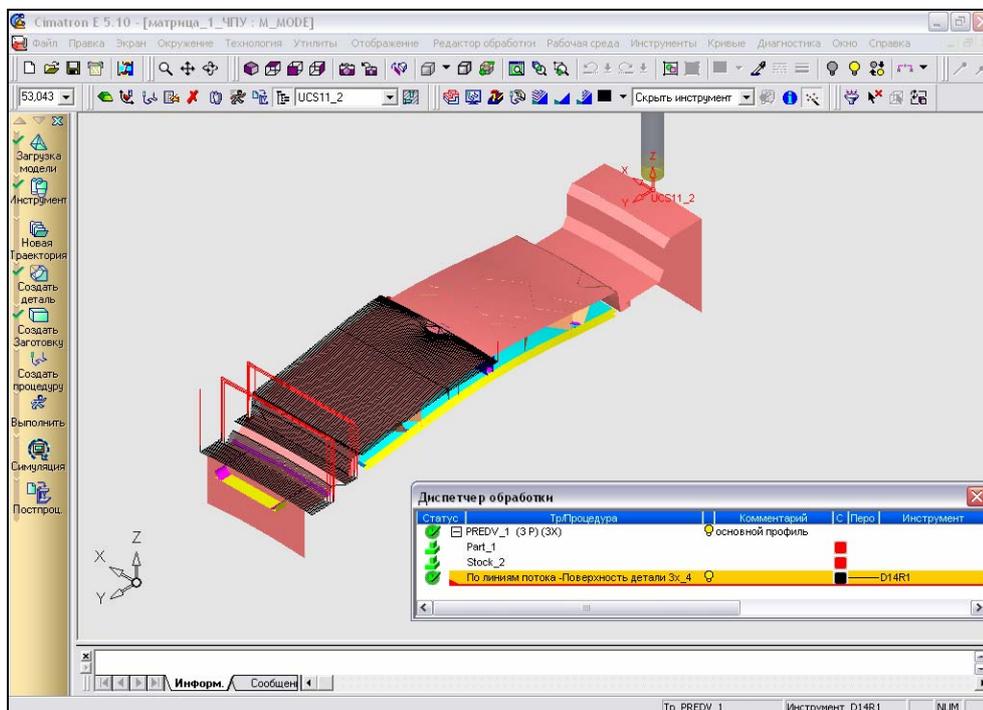


Рисунок 66 – Траектория инструмента при черновой обработке поверхностей основного контура матрицы

Аналогичным образом создаем процедуру фрезерования остальных поверхностей основного контура матрицы (рисунок 67).

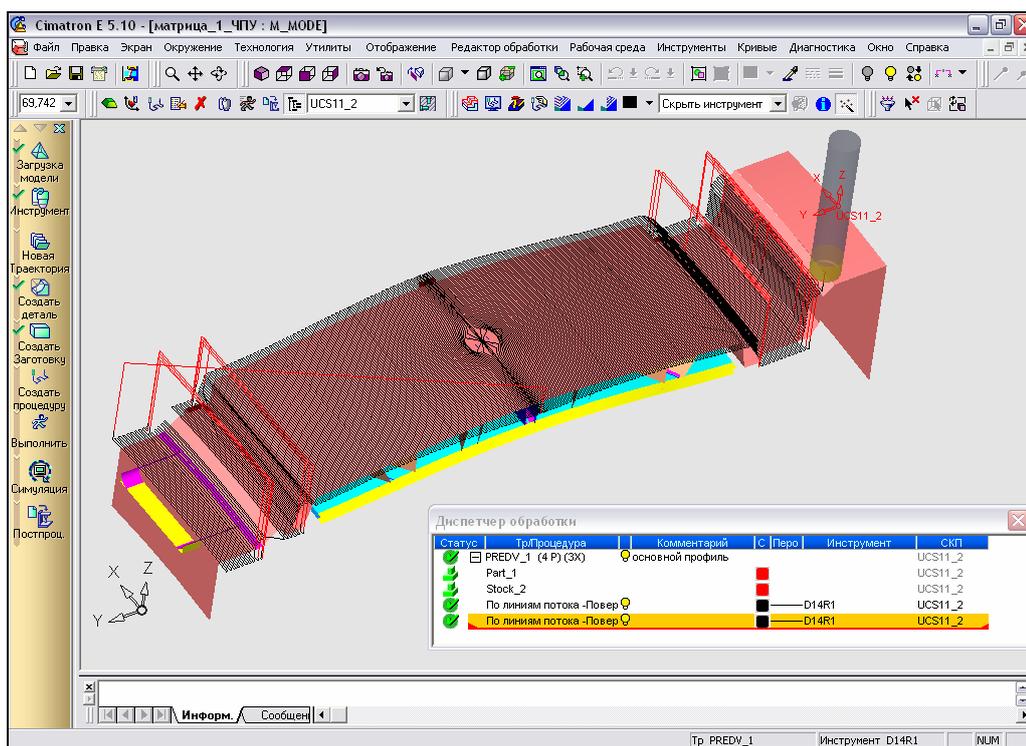


Рисунок 67 – Траектория инструмента при черновой обработке поверхностей основного профиля матрицы

Осуществим моделирование черновой обработки литника матрицы. Поскольку глубина литника невелика (5 мм), то в качестве метода обработки наиболее рационально применение поверхностного фрезерования – черновой выборки поверхностного колодца. Удаление материала производится из области, ограниченной проекцией замкнутого 3D-контура на обрабатываемые поверхности. Инструмент движется, повторяя форму обрабатываемых поверхностей. Из доступных способов поверхностного фрезерования воспользуемся обработкой параллельными проходами (зигзагом), которые могут быть расположены под любым углом. Итак, при создании процедуры указываем технологию обработки (рисунок 68).

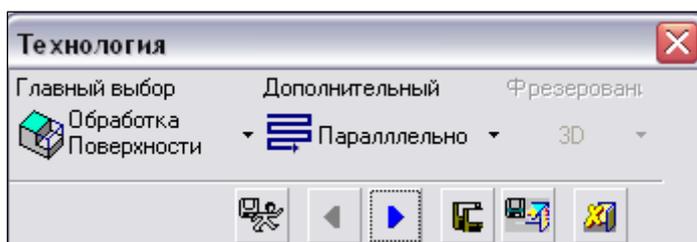


Рисунок 68 – Технология фрезерования при черновой обработке литника

Дальнейший шаг создания процедуры – выбор геометрии, а именно контура, внутри которого будет производиться фрезерование (рисунок 69). Контур – это открытая или замкнутая последовательность кривых. Диалоговое окно «Контур», показанное на рисунке 69, используется для выбора и редактирования контуров.

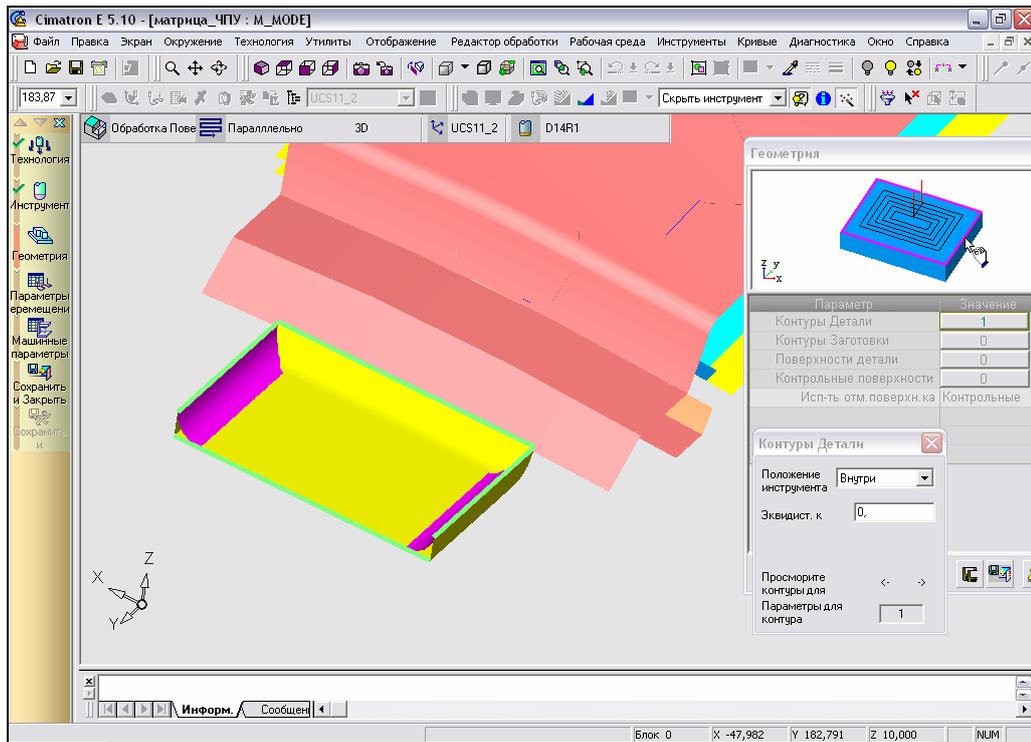


Рисунок 69 – Указание контура, ограничивающего область фрезерования

Далее отмечаем поверхности литника, определяющие области, по которым должно выполняться фрезерование (рисунок 70).

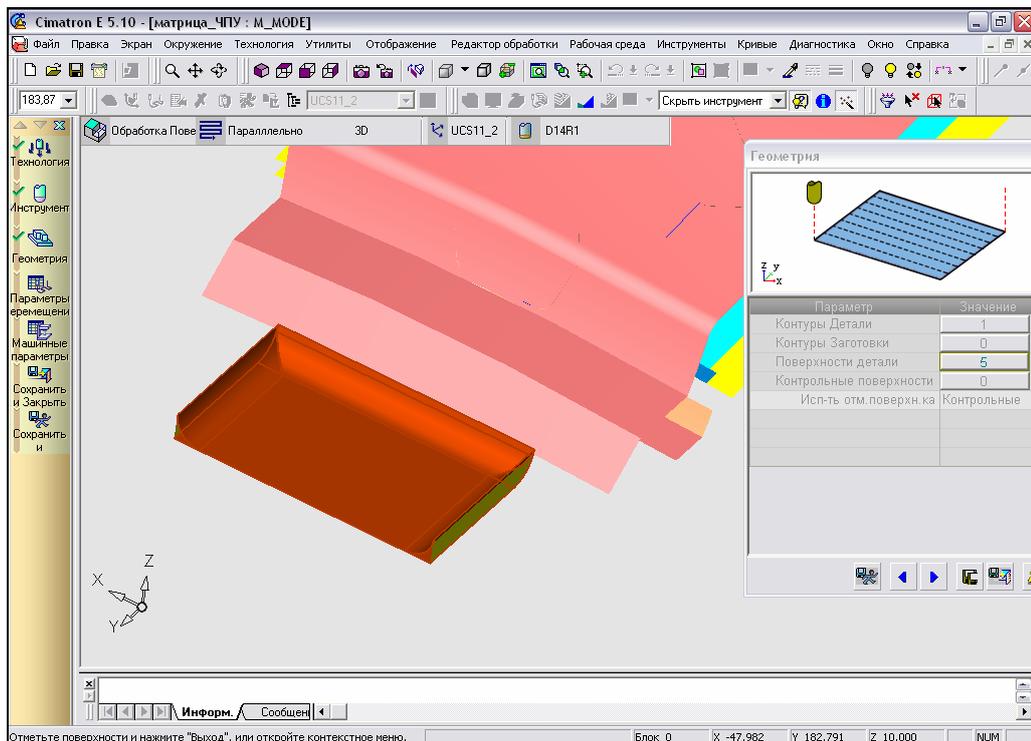


Рисунок 70 – Указание поверхностей литника, которые необходимо получить в результате обработки

Задаем параметры перемещения.

- ✓ Подход и отход инструмента к контуру обрабатываемой поверхности (см. рисунок 58).
- ✓ Плоскость безопасности (см. рисунок 59).

- ✓ Точки входа и выхода (рисунок 71) генерируются автоматически. Также задаем величину «DZ/Подача нач.» – уровень, на котором инструмент переходит с ускоренной подачи на подачу врезания.

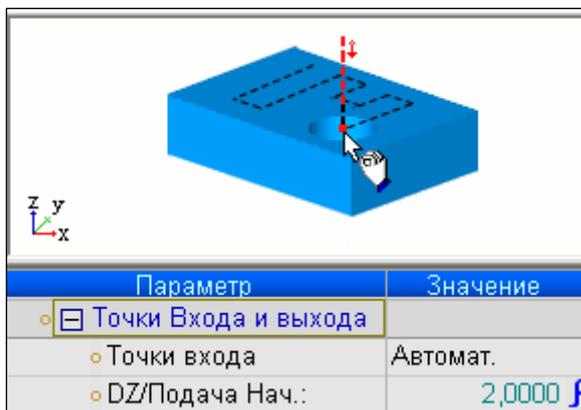


Рисунок 71 – Параметры точек входа и выхода при черновой обработке литника

- ✓ Эквидистанта и допуск (рисунок 72). Задаем величину эквидистанты к поверхности детали, положение инструмента – внутри контура и менее точную аппроксимацию – по допуску поверхности литника.

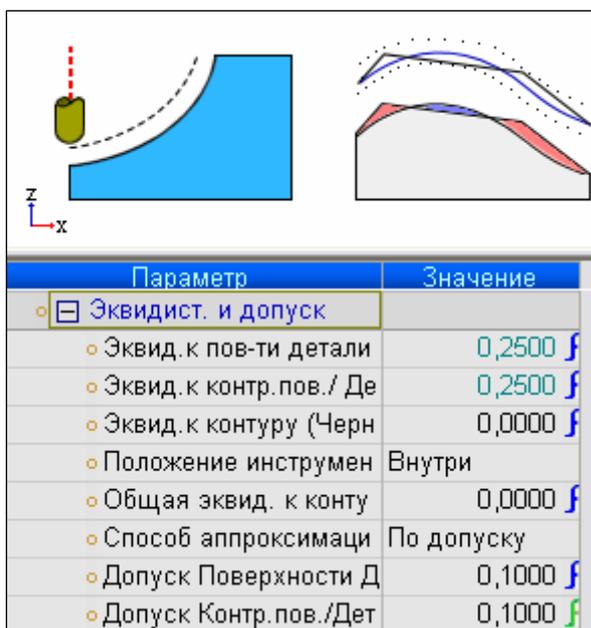


Рисунок 72 – Параметры эквидистанты и допуска при фрезеровании поверхности литника параллельными проходами

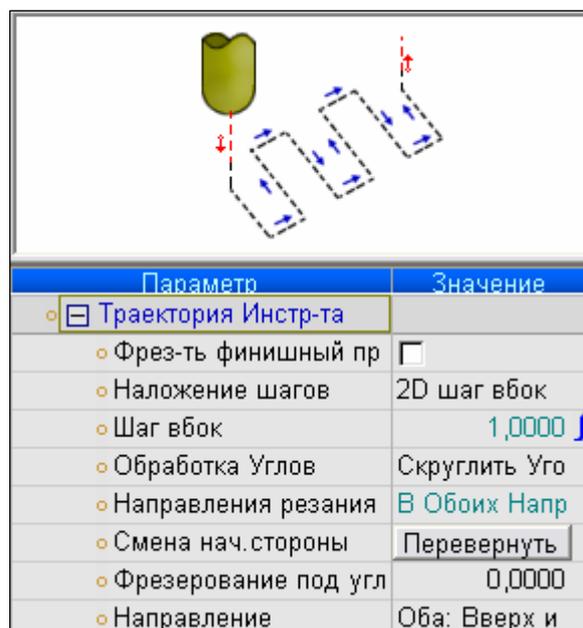


Рисунок 73 – Параметры траектории инструмента при фрезеровании поверхности литника параллельными проходами

- ✓ Траектория инструмента (рисунок 73). Выбираем метод наложения шагов по 2D-шагу вбок, который задается в плоскости, перпендикулярной оси инструмента. Устанавливаем закругленный угол, т.е. если эквидистанта контура больше нуля, то при его обработке будет создаваться закругленный угол. Задаем фрезерование поверхности в обоих направлениях. Угла между проходами и осью X не устанавливаем. Разрешаем перемещения инструмента как вниз, так и вверх.
- ✓ Оптимизация (см. рисунок 64) используется.

Задаем станочные параметры (см. рисунок 65). После расчета и выполнения процедуры на экране отображается траектория инструмента при фрезеровании поверхности колодца параллельными проходами (рисунок 74).

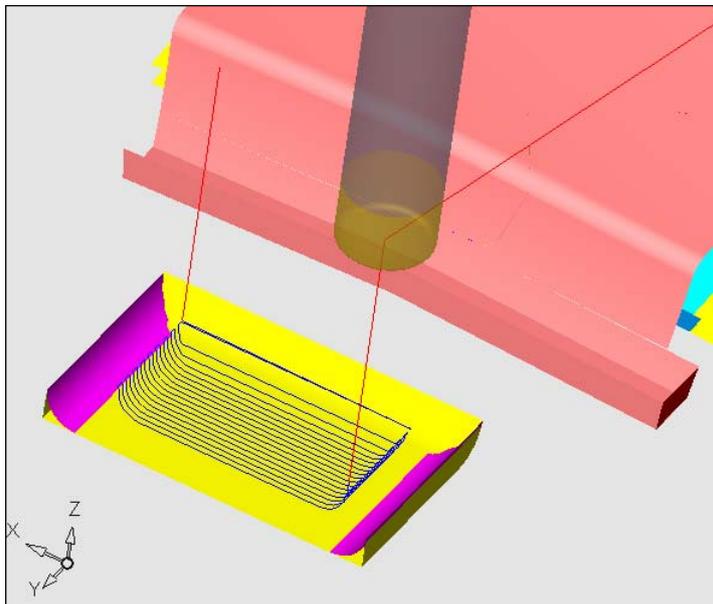


Рисунок 74 – Траектория инструмента при фрезеровании поверхности литника параллельными проходами

Приступаем к моделированию обработки боковых канавок матрицы. Здесь необходима смена фрезы D14R1, применявшейся при черновой обработке основного контура детали, на инструмент с меньшим диаметром. В связи с этим для проектирования черновой обработки боковых канавок матрицы создаем отдельную траекторию «PREDV\_2». Поскольку деталь и заготовка были заданы ранее, сразу переходим к созданию процедуры механообработки. Рациональным методом обработки здесь можно считать объемное фрезерование, но, поскольку ширина канавок невелика, отдадим предпочтение более простому в моделировании фрезерованию поверхности по линиям потока. Из представленной номенклатуры (см. рисунок 52) выбираем для обработки торцевую фрезу D6R0.5 (диаметр 6 мм, угловой радиус 0,5 мм) с диаметром, который соизмерим с шириной канавки.

Итак, создание процедуры обработки канавок осуществляем аналогично тому, как это было при черновой обработке поверхностей основного контура матрицы. Указываем поверхности канавок, которые необходимо получить в результате фрезерования (рисунок 75). Также требуется задать контрольную поверхность, которая определяет границы фрезерования (см. рисунок 75).

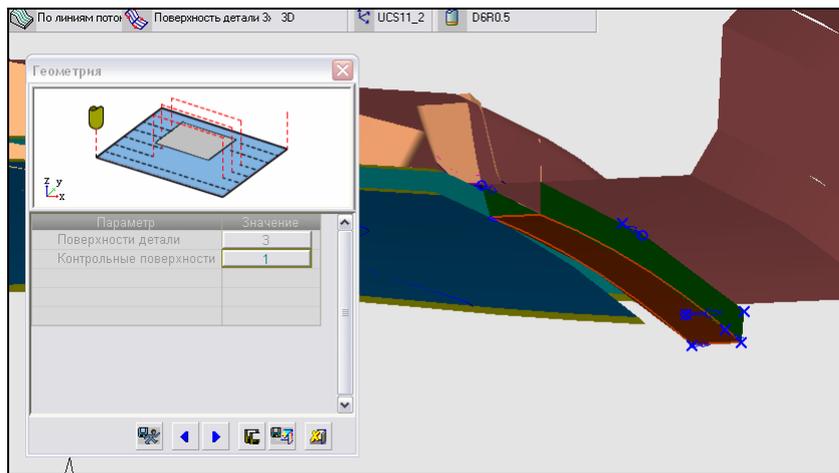


Рисунок 75 – Указание поверхностей боковых канавок, которые необходимо получить в результате обработки, и контрольной поверхности

При задании параметров перемещений указываем величину эквидистанты к контрольной поверхности, а также погрешность контрольной поверхности. После расчета и выполнения процедуры на экране отображается траектория инструмента при черновой обработке боковых канавок матрицы (рисунок 76).

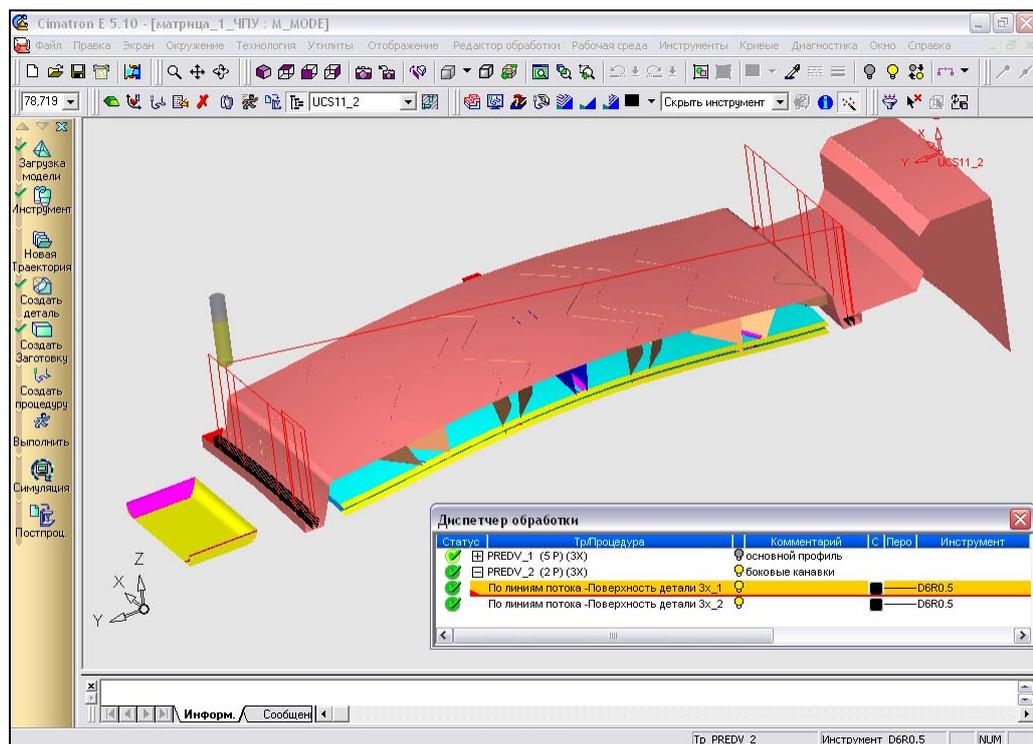


Рисунок 76 – Траектория инструмента при черновой обработке боковых канавок матрицы (для удобства просмотра некоторые поверхности модели скрыты)

### 1.3.3.2 Моделирование чистовой обработки основного профиля матрицы

Чистовую обработку поверхностей основного профиля матрицы производим теми же методами фрезерования, что и черновую. Отличие состоит лишь в том, что при чистовой обработке снимается весь оставшийся

припуск и поверхности детали имеют более строгий допуск. При чистовой обработке используем фрезу D6R0.5, что позволит получить гладкую поверхность с шероховатостью  $Ra = 1,25$ , которая задана конструктором. Режимы резания также подвергаем изменению: увеличиваем число оборотов шпинделя и задаем применение СОЖ (рисунок 78).

Создаем траекторию «CHIST» чистовой обработки матрицы. Первая процедура данной траектории – фрезерование по линиям потока сферической поверхности детали. При задании параметров перемещения указываем метод наложения шагов по гребешку, т.е. расстояние между проходами рассчитывается исходя из максимальной высоты гребешка (рисунок 77). Задаем продольное направление проходов инструмента для уменьшения шероховатости итоговой поверхности. Траектория инструмента при чистовой обработке сферической поверхности матрицы показана на рисунке 79.

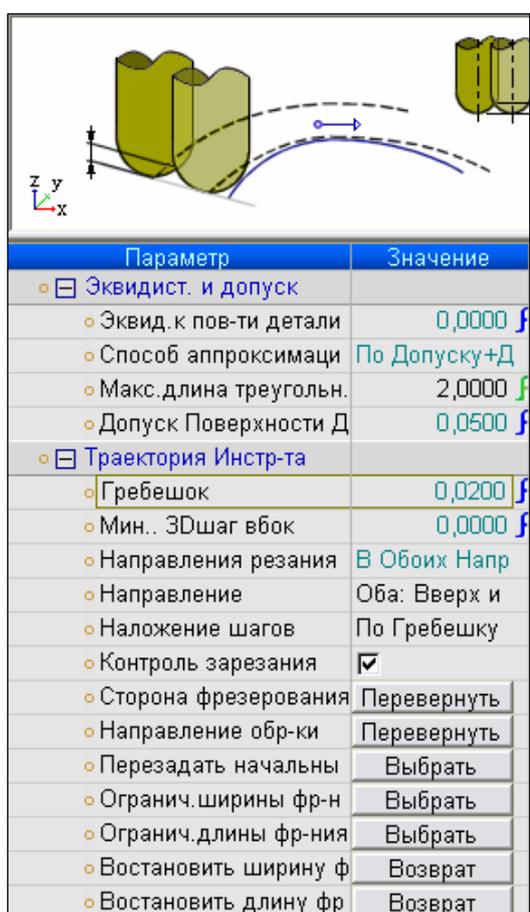


Рисунок 77 – Параметры перемещения при чистовом фрезеровании поверхности по линиям потока

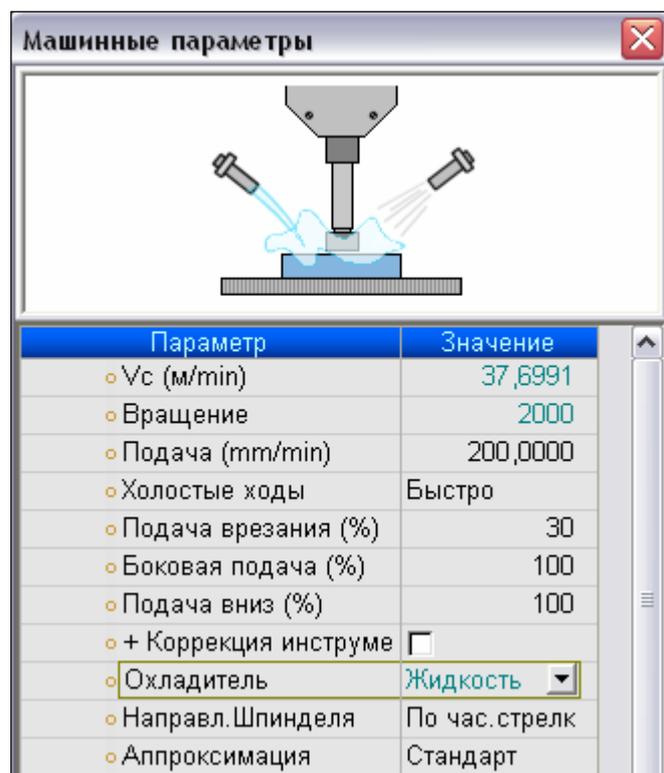


Рисунок 78 – Станочные параметры при чистовом фрезеровании поверхностей основного контура матрицы

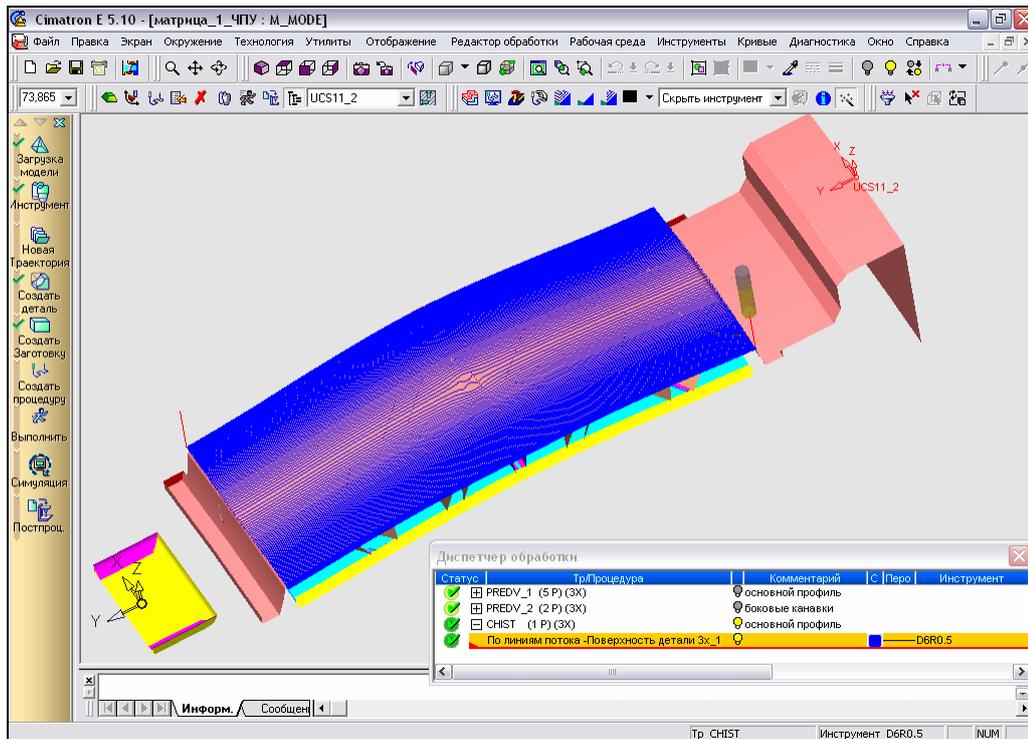


Рисунок 79 – Траектория инструмента при чистовой обработке сферической поверхности матрицы

На следующих этапах чистовой обработки фрезеруются поверхности замка матрицы (рисунок 80).

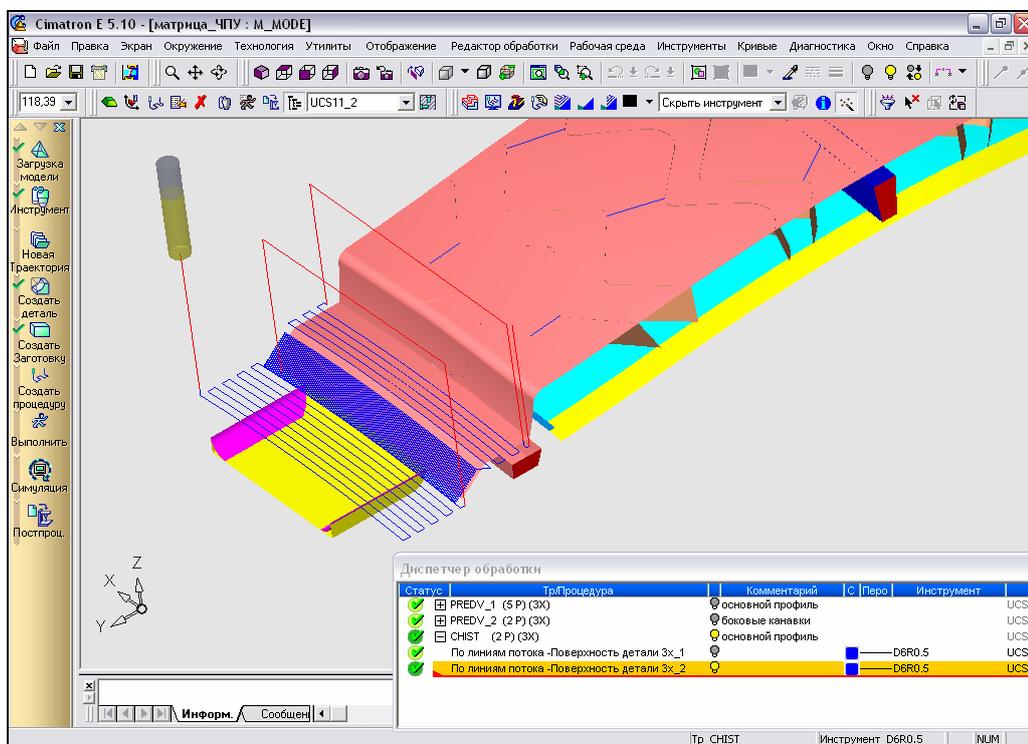


Рисунок 80 – Траектория инструмента при чистовой обработке поверхностей замка

Осуществляем чистовую обработку боковых поверхностей канавки матрицы (рисунок 81) аналогично черновой обработке, но ужесточив допуск поверхностей канавки. Для зачистки полости канавки воспользуемся методом фрезерования поверхности по спирали. Здесь обработка

производится вдоль кривых, которые являются эквидистантой к граничным кривым (раскрутка по спирали). При этом создаются дополнительные перемещения инструмента для удаления лишнего материала в углах.

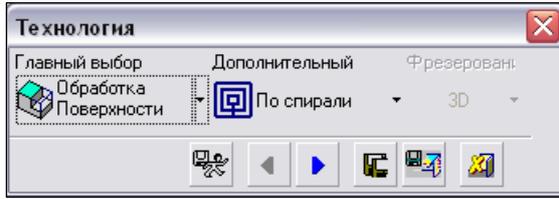


Рисунок 81 – Задание технологии фрезерования полости канавки

Здесь при задании геометрии обработки выделяем контур поверхности, ограничивающий зону фрезерования (рисунок 82).

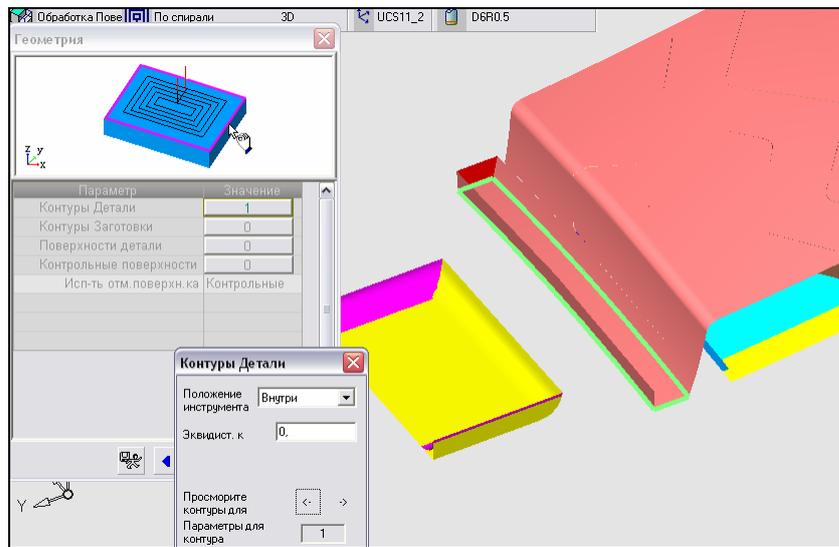


Рисунок 82 – Указание контура, ограничивающего зону обработки полости канавки

Задаем параметры перемещений.

- ✓ Подход и отход (рисунок 83) инструмента к контуру по нормали, задаем длину 2 мм участка подхода и отхода.

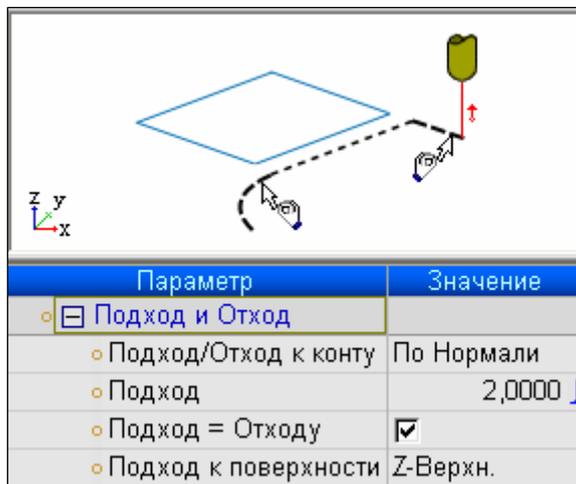


Рисунок 83 – Параметры подхода и отхода при фрезеровании поверхности по спирали

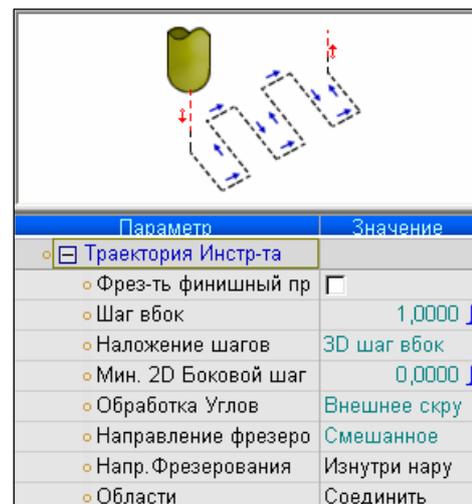


Рисунок 84 – Параметры траектории инструмента при поверхностном фрезеровании по спирали

- ✓ Точки входа и выхода (см. рисунок 71) генерируются автоматически.
- ✓ Траектория инструмента (рисунок 84). Задаем метод наложения шагов по 3D-шагу вбок. Предусматриваем закругленный угол, устанавливаем смешанное направление обработки – сочетание попутного и встречного фрезерования. Выбираем обработку изнутри наружу, для устранения холостых перемещений задаем соединение областей, т.е. инструмент будет перемещаться между зонами обработки на уровне фрезеруемого слоя, а не через плоскость безопасности.

Траектория фрезерования полости канавки представлена на рисунке 85.

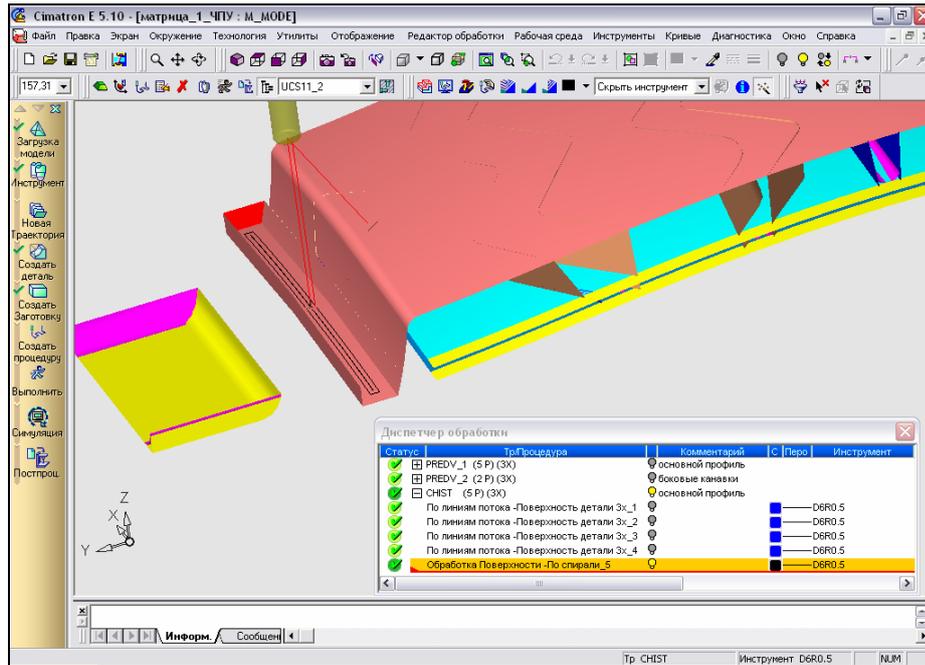


Рисунок 85 – Траектория инструмента при фрезеровании полости канавки по спирали

Осуществляем чистовое фрезерование поверхности литника по параллельным проходам аналогично тому, как это было сделано при черновой обработке. Для получения точной поверхности с низкой шероховатостью установим более жесткий допуск поверхности и зададим угол  $90^\circ$  между проходами инструмента и осью X. Траектория инструмента представлена на рисунке 86.

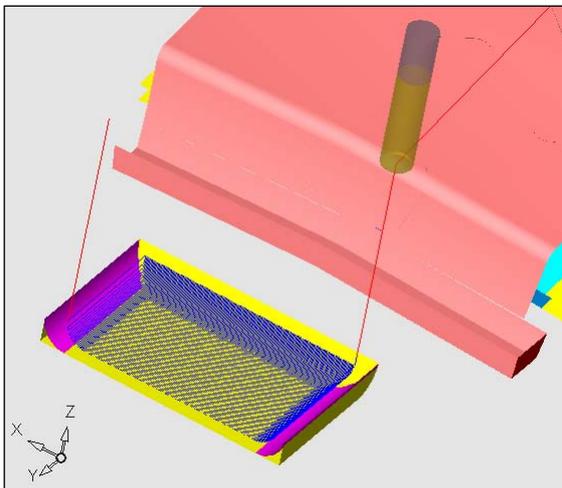


Рисунок 86 – Траектория инструмента при чистовом фрезеровании поверхностей литника

### 1.3.3.3 Моделирование черновой обработки поверхностей зигзагообразных канавок и карманов

Произведем моделирование чернового фрезерования зигзагообразных канавок и карманов.

При выборе технологии обработки зигзагообразных канавок учтем, что предстоит фрезерование достаточно глубоких колодцев, которое лучше осуществить в два захода: выборка канавок на высоту 12 мм и дальнейшее углубление канавки до высоты 15,5 мм. На первом этапе обработки рационально применение фрезы большего диаметра, чем на втором этапе, так как необходимо удалить значительный массив материала.

На первом этапе черновой обработки оптимальным методом фрезерования будет объемное фрезерование – удаление массива материала из замкнутого региона, определяемого обрабатываемыми поверхностями. Воспользуемся объемным фрезерованием по спирали (ватерлиния).

Также необходима смена инструмента, поскольку заданный конструктором профиль зигзагообразных канавок нерационально получать торцевой фрезой D6R0.5, которая использовалась при чистовой обработке основного профиля матрицы. При выборе диаметра фрезы руководствуемся таким правилом: диаметра инструмента должно хватить для обработки всей ширины колодца за два-три прохода. Радиусы скругления поверхностей канавок равны 1-2 мм, значит рационально использовать фрезу шаровую фрезу с угловым радиусом 3мм. Из доступной номенклатуры инструмента (см. рисунок 52) выбираем фрезу D6R3 (диаметр 6 мм, угловой радиус 3 мм).

Создаем траекторию «PR\_KAN\_1» черновой обработки зигзагообразных канавок и карманов. В рамках этой траектории создаем процедуру чернового фрезерования одной канавки и соседнего кармана. Определяем технологию обработки (рисунок 87).

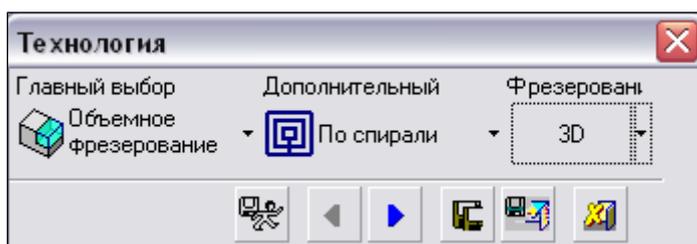


Рисунок 87 – Технология черновой обработки карманов и зигзагообразных канавок

Производим выбор инструмента и отмечаем геометрию обработки: замкнутые контуры (рисунок 88), ограничивающие область фрезерования, и поверхности канавки и кармана, которые необходимо получить в результате обработки.

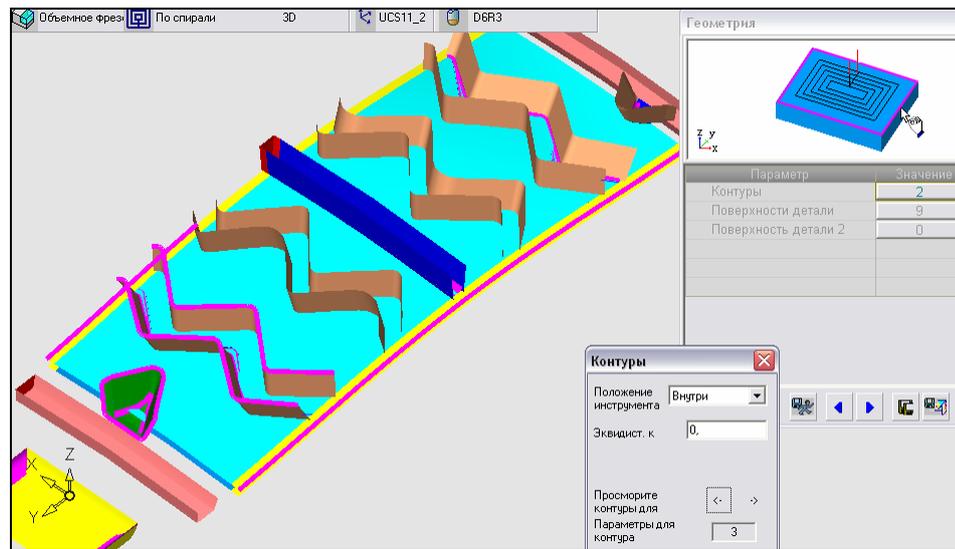


Рисунок 88 – Отметка контуров, ограничивающих область фрезерования, при черновой обработке канавки и кармана

Задаем параметры перемещений.

- ✓ Подход и отход к контуру по нормали (см. рисунок 83), указываем величину подхода, равную нулю.
- ✓ Плоскость безопасности (см. рисунок 59).
- ✓ Точки входа и выхода (рисунок 89). Поскольку ведется фрезерование нескольких контуров, задаем оптимальную точку врезания, т.е. система рассчитает оптимальную точку врезания для всех слоев обработки. Указываем величину угла врезания, а также максимальный радиус врезания.

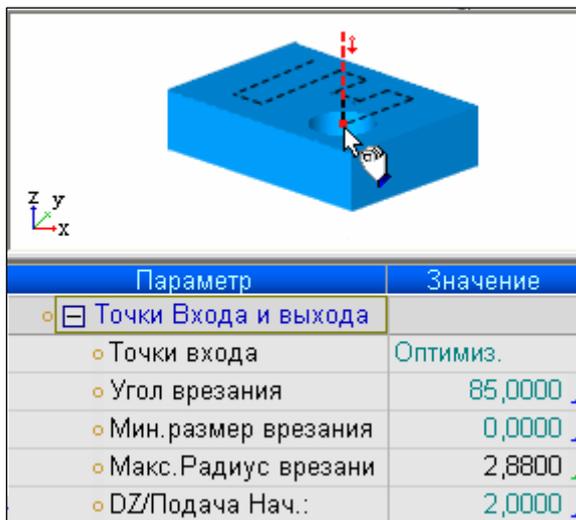
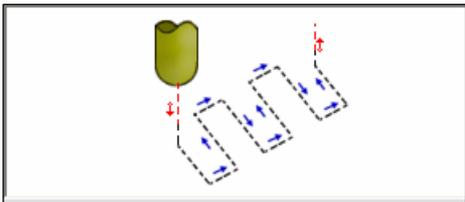


Рисунок 89 – Параметры точек подхода и отхода при объемном фрезеровании по спирали

- ✓ Эквидистанта к поверхности канавки (кармана) 0,25 мм и допуск поверхности детали 0,01 мм. Устанавливаем менее точную аппроксимацию по допуску. Уточняем положение инструмента – внутри контура.

- ✓ Траектория инструмента (рисунок 90). Задаем координаты  $z$  верхней и нижней точек материала, т.е. высоты, с которой начинается и заканчивается обработка. Вводим значение шага вниз между слоями обработки – глубины резания. Указываем величину шага вбок – расстояния между проекциями двух соседних проходов фрезы на плоскость XY. Отказываемся от показа отдельно каждого слоя обработки колодцев.



Параметр	Значение
Траектория Инстр-та	
Z-Верхн.	-7,7980
Z-Нижн.	-27,2374
Шаг вниз	0,5000
Фрез-ть финишный пр	<input type="checkbox"/>
Шаг вбок	3,0000
Обработка Углов	Внешнее скру
Направление фрезеро	Попутное
Напр. Фрезерования	Изнутри нару
Области	Соединить
Открытая Деталь:	Нет
Обработка по	Область
Использ. оставшуюся	<input type="checkbox"/>
Между слоями	
Метод "между слоями	Нет

Рисунок 90 – Параметры траектории инструмента при объемном фрезеровании по спирали

Задаем станочные параметры (см. рисунок 78). После расчета и выполнения процедуры на экране отображается траектория инструмента при предварительном фрезеровании зигзагообразной канавки и колодца (рисунок 91).

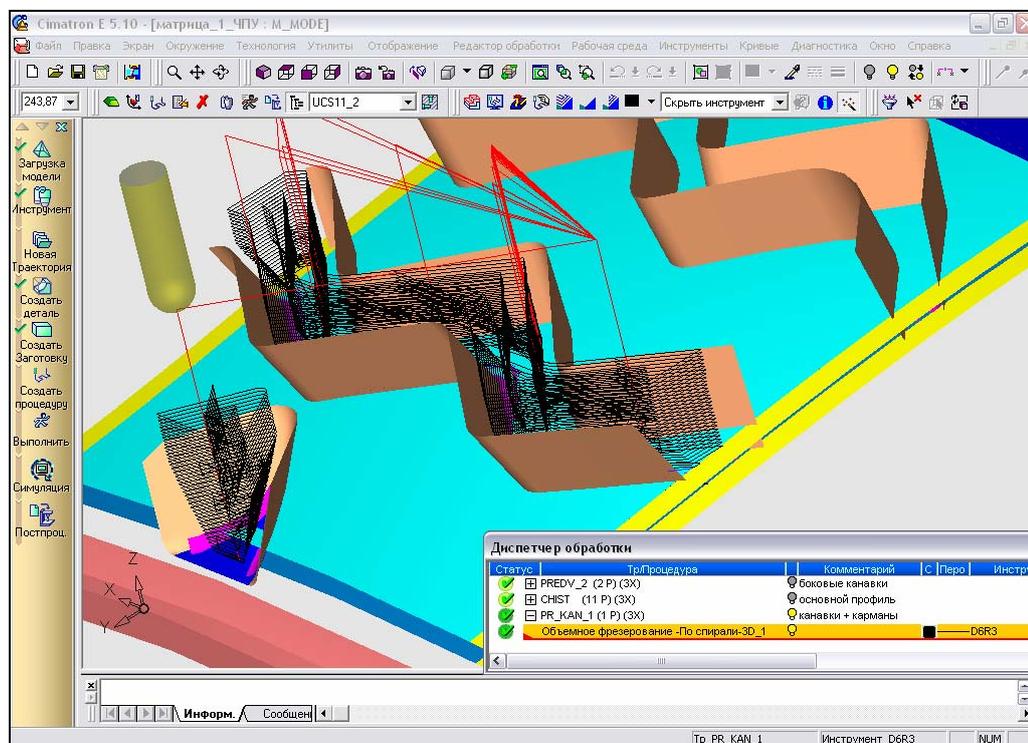


Рисунок 91 - Траектория инструмента при черновом фрезеровании зигзагообразной канавки и колодца

Аналогичным образом создаем процедуры обработки остальных канавок и кармана. Полученные траектории инструмента представлены на рисунке 92.

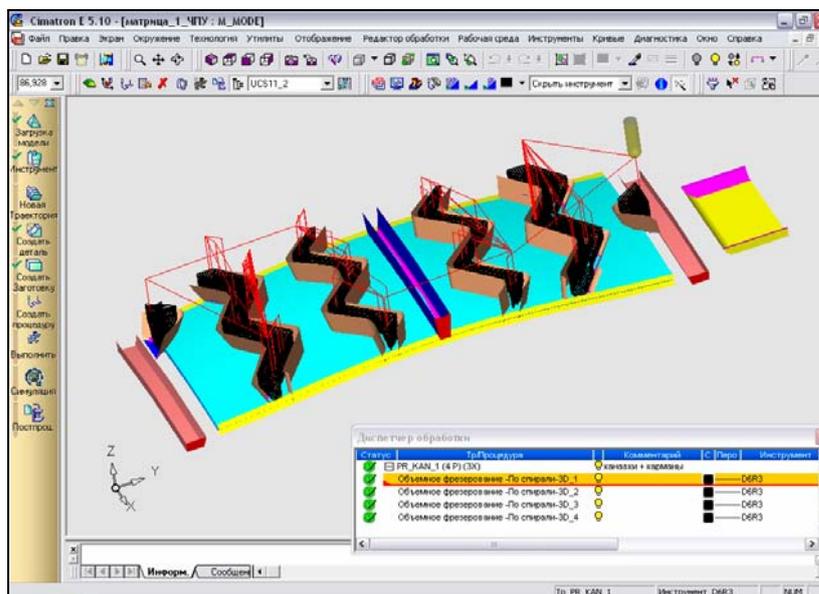


Рисунок 92 – Траектория инструмента при черновом фрезеровании зигзагообразных канавок и карманов

Приступаем ко второму этапу черновой обработки, на котором необходимо углубить профиль полученных канавок. Для этого ограничимся фрезерованием поверхности по линиям потока, поскольку ближе к основанию ширина канавок невелика. Для данной обработки из имеющейся номенклатуры (см. рисунок 52) выбираем фрезу D4R2 (диаметр 4 мм, угловой радиус 2 мм), руководствуясь теми же соображениями, что и при выборе инструмента на первом этапе черновой обработки.

Создаем траекторию «PR\_KAN\_2» черновой обработки зигзагообразных канавок. В рамках этой траектории создаем процедуру фрезерования одной из канавок. Задаем технологию обработки – фрезерование поверхности по линиям потока. Отмечаем поверхности канавки, которые необходимо обработать (рисунок 93).

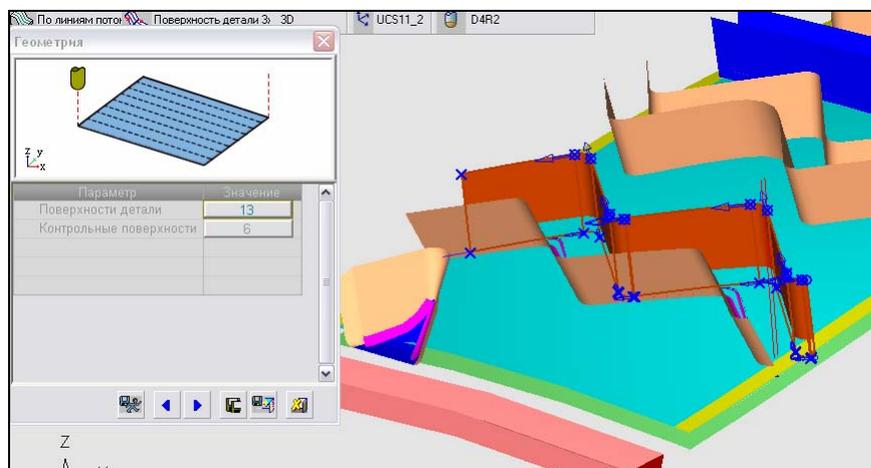


Рисунок 93 – Указание поверхностей канавки, которую необходимо углубить

Задаем параметры перемещения подобно тому, как это было сделано при черновой обработке основного профиля матрицы. Уточняем станочные параметры. Производим ручное редактирование перемещений инструмента. Траектория инструмента при углублении профиля одной из канавок представлена на рисунке 94.

Аналогичным образом создаем процедуры черновой обработки остальных канавок рисунка матрицы, траектории перемещения инструмента показаны на рисунке 95.

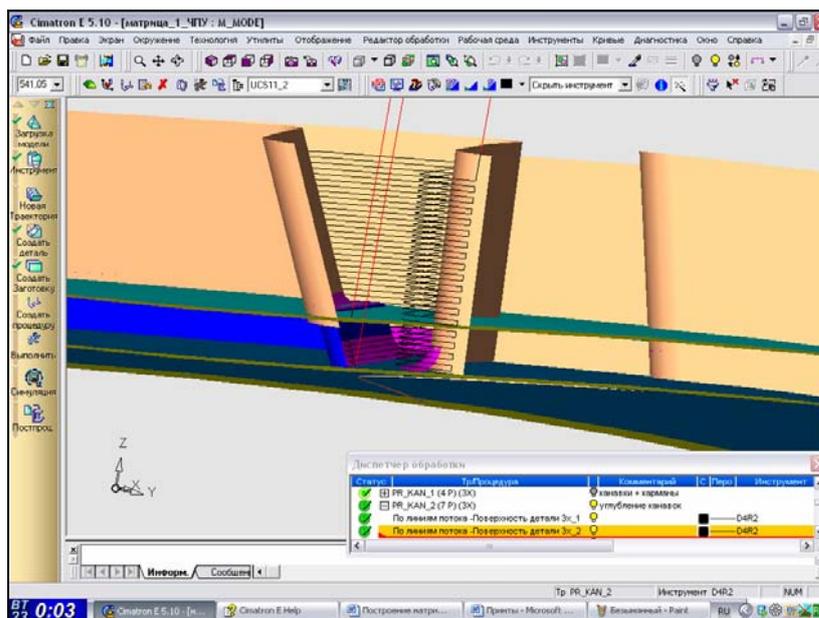


Рисунок 94 - Траектория инструмента при углублении профиля одной из канавок

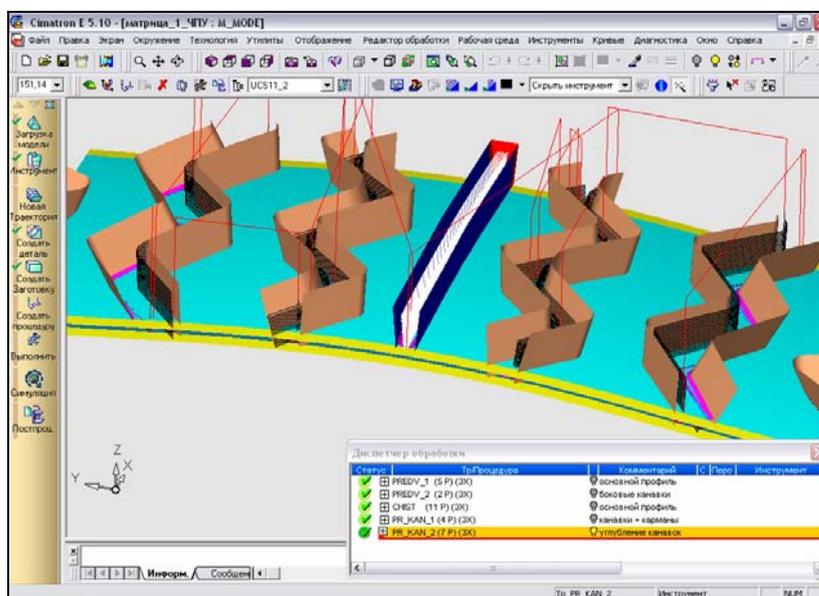


Рисунок 95 – Траектория инструмента при черновой обработке канавок матрицы

Также необходимо произвести предварительную обработку областей сопряжения поверхностей двух крайних зигзагообразных канавок. Это можно осуществить методом фрезерования поверхности по спирали. Создаем новую траекторию «SKOS». Траектория инструмента при обработке области сопряжения поверхностей канавок представлена на рисунке 96.

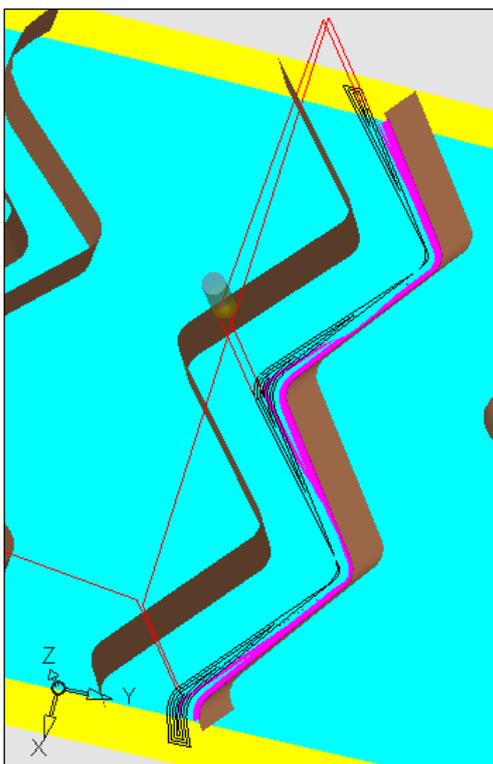


Рисунок 96 – Траектория инструмента при фрезеровании области сопряжения боковых поверхностей канавок

#### 1.3.3.4 Моделирование чистовой обработки поверхностей зигзагообразных канавок и карманов

В результате чистовой обработки получается окончательный профиль зигзагообразных канавок и карманов.

Создаем новую траекторию «СН\_КАН». Чистовая обработка канавок и карманов подразумевает под собой фрезерование их боковых поверхностей и последующую зачистку полости канавок и карманов. Для получения галтельного сопряжения радиусом 2 мм рационально использование инструмента D4R2 (диаметр 4 мм, угловой радиус 2 мм). Боковые поверхности канавок обрабатываем по методу фрезерования по линиям потока, задаем припуск, равный нулю, и более жесткий допуск поверхности канавок по сравнению с черновой обработкой. Траектория инструмента при чистовом фрезеровании боковых поверхностей зигзагообразных канавок и карманов представлена на рисунке 97.

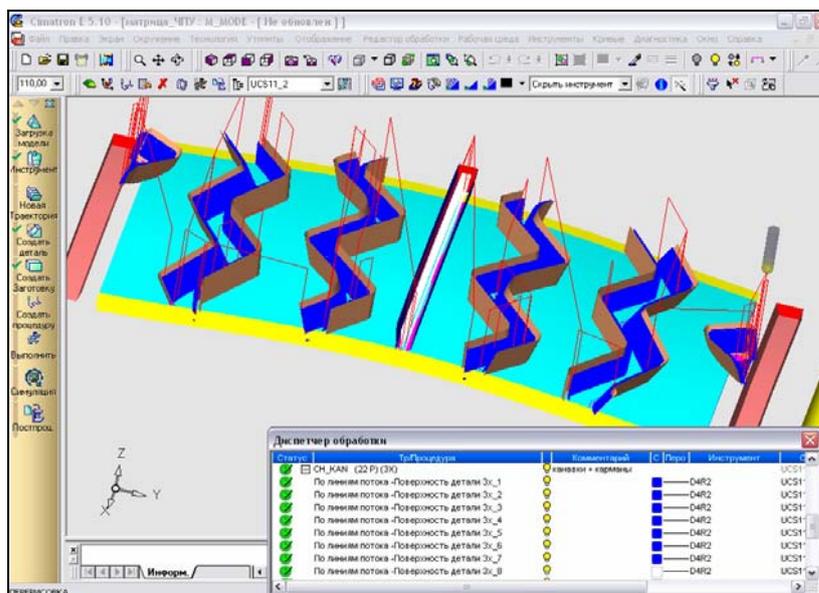


Рисунок 97 – Траектория инструмента при чистовой обработке боковых поверхностей канавок и карманов

Зачистку полостей канавок и карманов осуществляем методом фрезерования поверхности по спирали. Обработку также производим с нулевым припуском. Траектория инструмента представлена на рисунке 98.

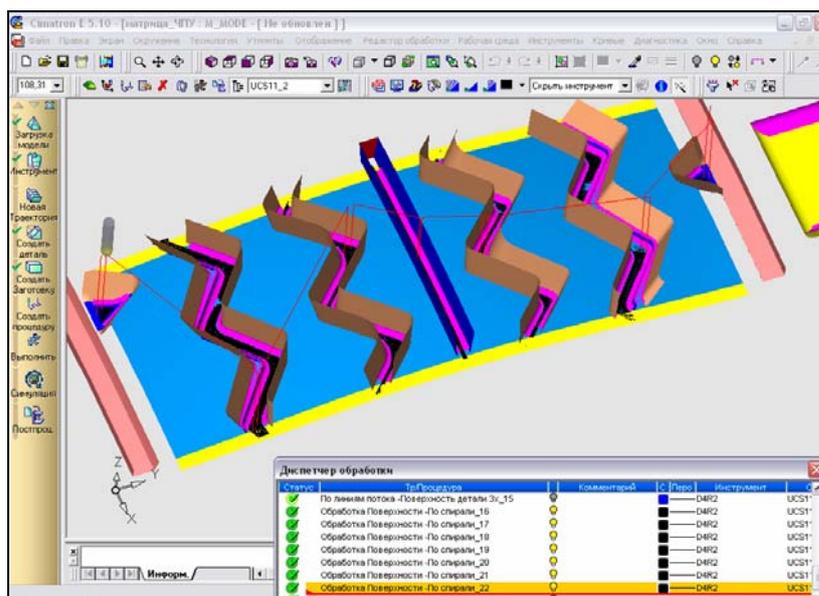


Рисунок 98 – Траектория инструмента при чистовом фрезеровании полости канавок и карманов

Осуществляем моделирование чистовой обработки областей сопряжения поверхностей зигзагообразных канавок. Создаем новую траекторию «CH\_SKOS». Для получения галтельного сопряжения радиусом 1 мм используем фрезу D2R1 (диаметр 2 мм, угловой радиус 1 мм), выбранную из имеющейся номенклатуры (см. рисунок 52). Производим обработку боковых поверхностей канавок по методу фрезерования по линиям потока, а зачистки области сопряжения – по спирали. Траектория инструмента представлена на рисунке 99.

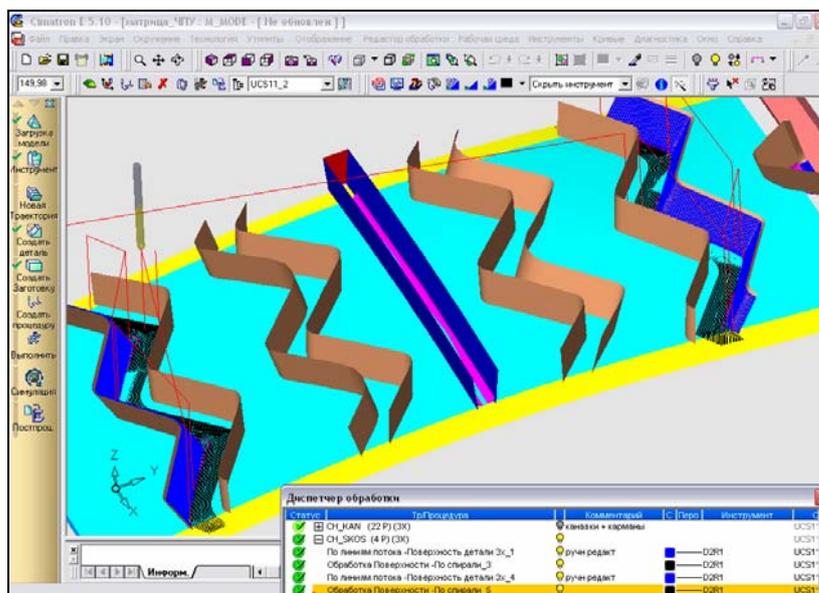


Рисунок 99 –Траектория инструмента при чистовой обработке областей сопряжения поверхностей канавок

Получаем последнее оставшееся необработанным галтельное сопряжение боковых поверхностей канавок. Для этого создаем новую траекторию «GALTEL». Обработку производим по методу фрезерования по линиям потока. Траектория инструмента представлена на рисунке 100.

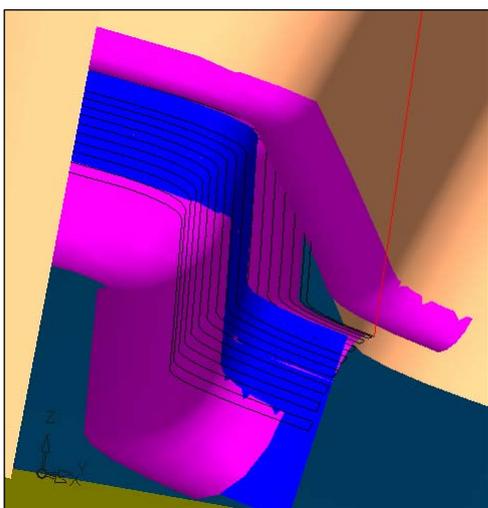


Рисунок 100 – Траектория инструмента при фрезеровании галтельного сопряжения

### 1.3.3.5 Нанесение разметки для прожигания щелевых отверстий и подрезки торцов

Разметка представляет собой нанесение на сферическую поверхность матрицы линий щелевых отверстий и подрезки торцов.

Данный вид обработки можно произвести по методу контурного фрезерования – создания 3-х координатной траектории инструмента вдоль замкнутых или незамкнутых контуров. Поскольку в результате необходимо получить не новую поверхность, а только линии, выбираем из номенклатуры (см. рисунок 52) фрезу R0 (диаметр 0,1 мм, угловой радиус 0,05 мм). Создаем две новые траектории: «NOG» для разметки щелевых отверстий и

«РАЗМЕТКА» для разметки линии обрезки торцов. При создании процедур указываем технологию обработки – контурное фрезерование по открытому профилю (рисунок 101).

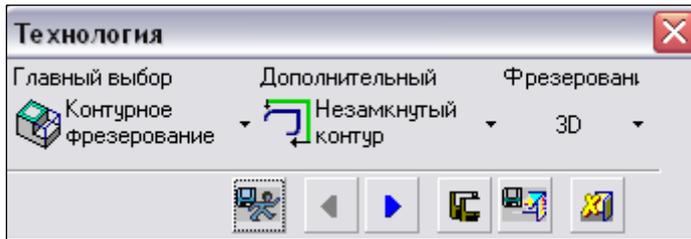


Рисунок 101 – Технология разметки щелевых отверстий и подрезки торцов

При задании геометрии обработки отмечаем контуры линий щелевых отверстий на сферической поверхности матрицы (рисунок 102). При разметке под обрезку торцов отмечаем границы сферической поверхности (рисунок 103).

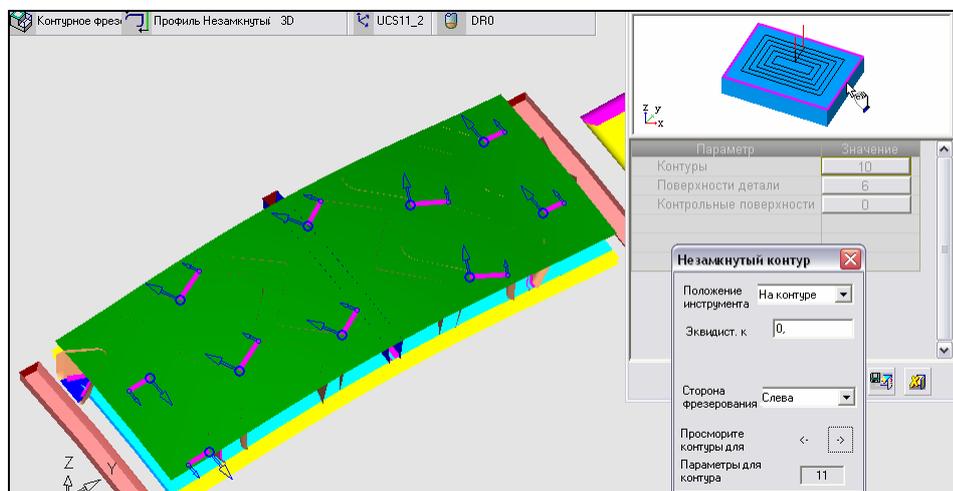


Рисунок 102 – Указание контуров щелевых отверстий на сферической поверхности матрицы при задании геометрии разметки под ножи

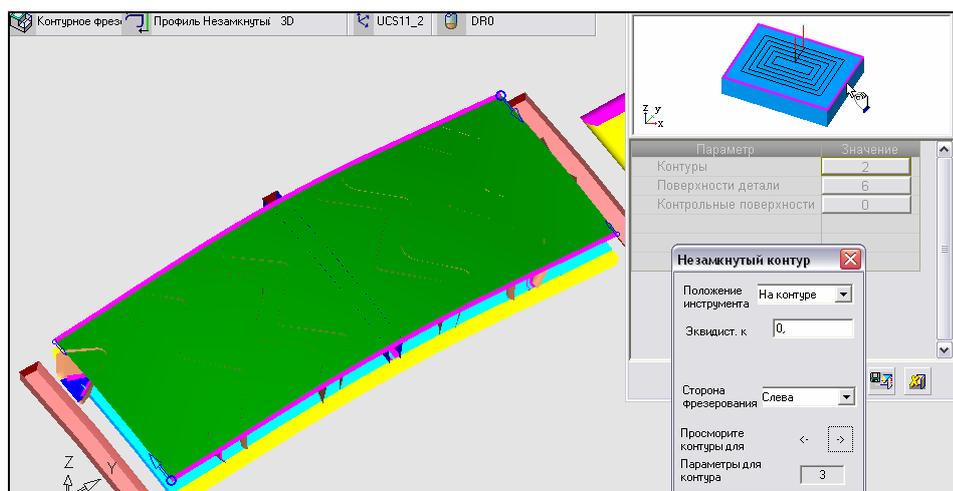


Рисунок 103 – Указание контуров границы сферической поверхности при задании геометрии разметки под обрезку торцов

Задаем параметры перемещений, которые одинаковы для обеих процедур.

- ✓ Подход и отход инструмента (рисунок 104). Указываем длину линий подхода и отхода к контуру.

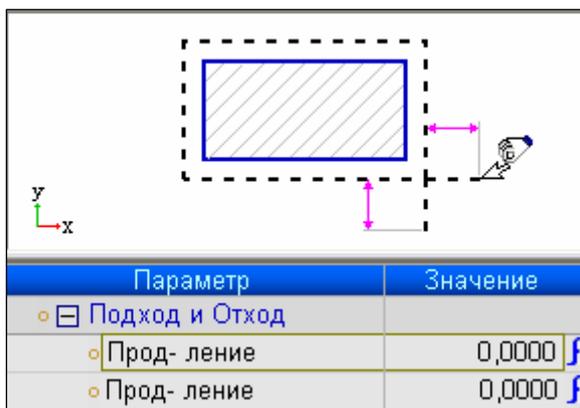


Рисунок 104 – Параметры подхода и отхода инструмента при контурном фрезеровании по открытому профилю



Рисунок 105 – Параметры точек входа и выхода инструмента при контурном фрезеровании по открытому профилю

- ✓ Плоскость безопасности (см. рисунок 59).
- ✓ Точки входа и выхода (рисунок 105). Назначаем порядок обработки контуров произвольный, без сортировки.
- ✓ Эквидистанта и допуск (см. рисунок 72). Задаем величину эквидистанты к сферической поверхности детали, равную нулю, значение допуска поверхности детали 0,1 мм, точность аппроксимации – по допуску.
- ✓ Траектория инструмента (рисунок 106). Указываем ширину заготовки, т.е. толщину снимаемого материала, она равна нулю. Задаем метод проходов инструмента вниз по эквидистанте к поверхности детали. Тут же указываем величину эквидистанты и шага вниз. Включаем удаление всех петель, возникающих при прохождении инструмента по эквидистанте



(когда радиус кривизны контура меньше радиуса инструмента). Назначаем скругление углов, фрезерование только в одном направлении (обратно инструмент возвращается по плоскости безопасности), направление резания попутное.

Рисунок 106 – Параметры эквидистанты и допуска при контурном фрезеровании по открытому профилю

Задаем станочные параметры (см. рисунок 78). После расчета и выполнения процедуры на экране отображается траектория инструмента (рисунок 107).

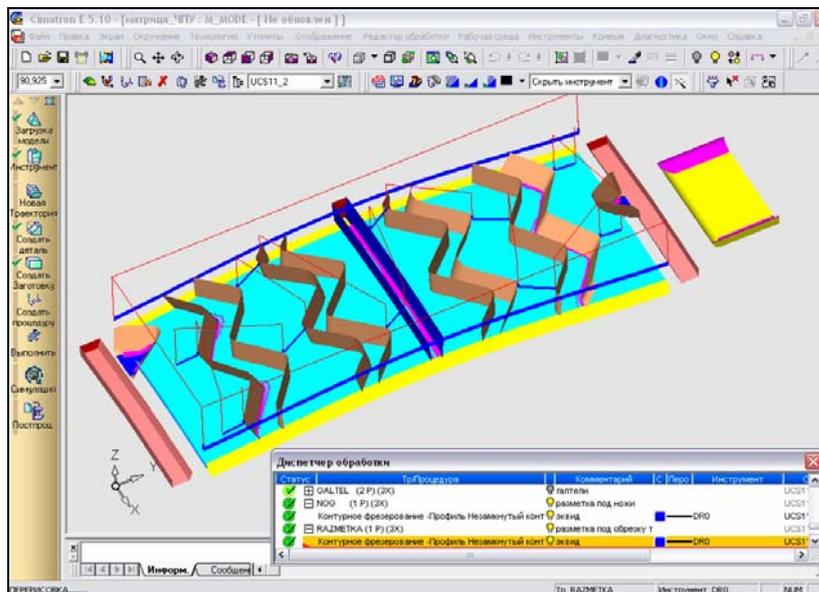


Рисунок 107 – Траектория инструмента при контурном фрезеровании линий разметки щелевых отверстий и подрезки торцов

Последняя поверхность, которую получаем фрезерованием на станке с ЧПУ, это горизонтальный участок длиной 24,58 мм (рисунок 108). Поскольку на торце этой поверхности находится начало координат СКП ЧПУ-обработки, то обрабатываем ее в самую последнюю очередь, чем обеспечиваем фиксированное положение СКП на протяжении всего фрезерования. Черновую и чистовую обработку данного участка осуществляем точно так же, как и обработку основного профиля матрицы. На рисунке 108 представлены траектории движения инструмента (фрезы D14R1) при черновом и чистовом фрезеровании.

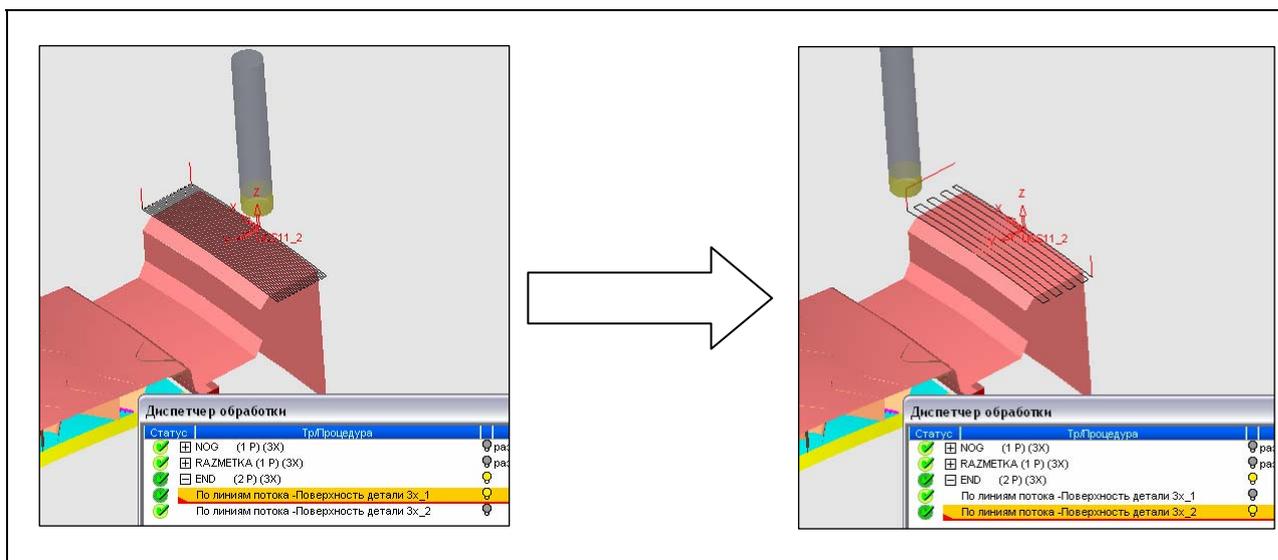


Рисунок 108 – Траектории инструмента при черновом и чистовом фрезеровании участка

Итак, разработка УП фрезерной обработки матрицы закончена.

### 1.3.3.6 Симуляция обработки и постпроцессирование

В Cimatron имеется возможность просмотра процесса обработки в симуляторе. Симулятор обеспечивает реалистичную имитацию (симуляцию) перемещений инструмента в процессе обработки путем расчета воздействия перемещений инструмента на текущее состояние заготовки. Симулятор можно использовать как средство быстрой, точной и наглядной проверки созданной траектории инструмента.

Исходная заготовка матрицы в симуляторе представлена на рисунке 109, деталь, полученная в результате обработки, – на рисунке 110.

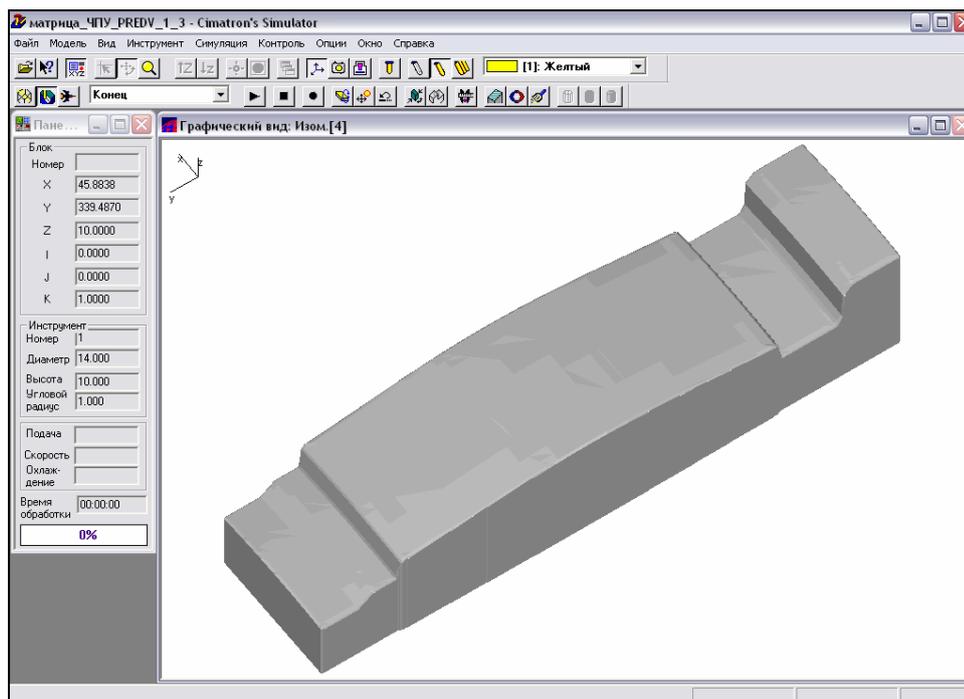


Рисунок 109 – Исходная заготовка матрицы в симуляторе

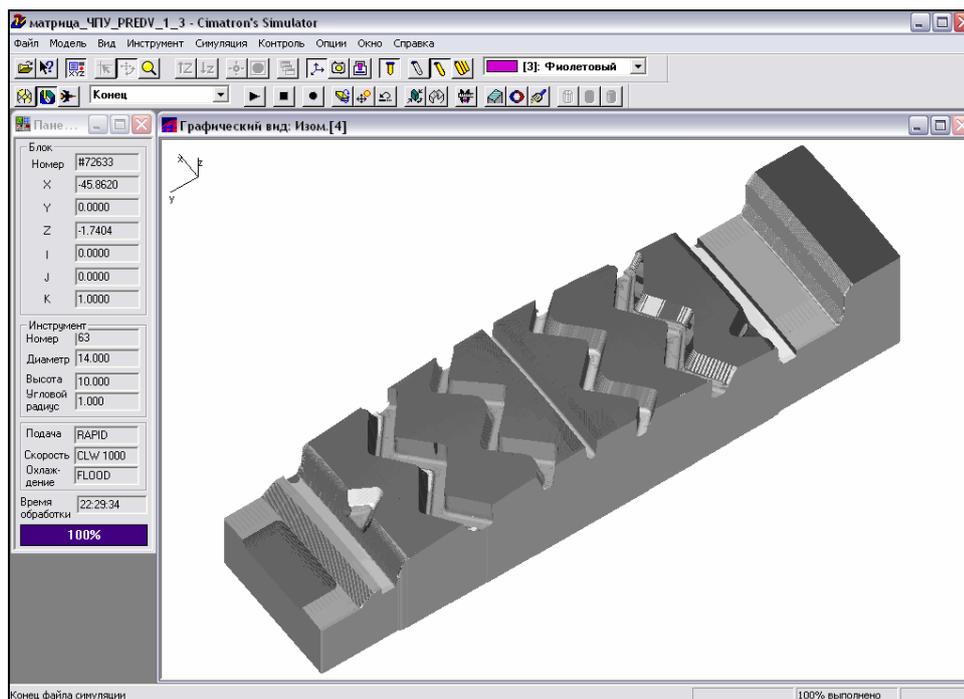


Рисунок 110 – Полученная деталь – матрица в симуляторе

Для получения текста УП воспользуемся постпроцессором. Постпроцессирование – это преобразование траектории движения инструмента в УП, записанную в G-кодах устройства ЧПУ конкретного станка. В качестве объектов для постпроцессирования выбираем все траектории инструмента (рисунок 111). Указываем координаты  $x = 0$ ,  $y = 0$ ,  $z = 0$  нулевой точки станка. В итоге постпроцессирования текст УП можно открыть в любом текстовом редакторе. Текст одной из УП содержится в Приложении Д.

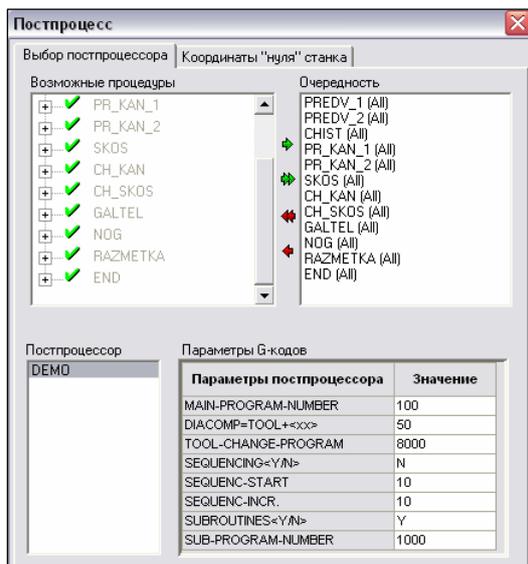


Рисунок 111 – Выбор объектов для постпроцессирования

### 1.3.4 Моделирование в CAD/CAM Cimatron E 5.10 электроэрозионной обработки матрицы

На операции электроэрозионной обработки матрицы получают поверхности щелевых отверстий. В процессе литья вкладыша эти отверстия служат для фиксации ножевых элементов. Щелевые отверстия получают с помощью электродов потому, что вследствие их размеров (ширина 0,83 мм при глубине 12 мм) обработка фрезой не представляется возможной.

Итак, в поставленную перед нами задачу моделирования электроэрозионной обработки входит:

- проектирование электродов;
- получение рабочей документации.

Проанализировав геометрию и расположение щелевых отверстий, заключаем, что для прожигания всех отверстий можно обойтись всего двумя различными электродами.

При создании профиля электрода необходимо указать элементы 3D-модели, которые получаются в результате электроэрозионной обработки. Таким образом, требуется дополнить 3D-модель матрицы поверхностями щелевых отверстий (рисунок 112).

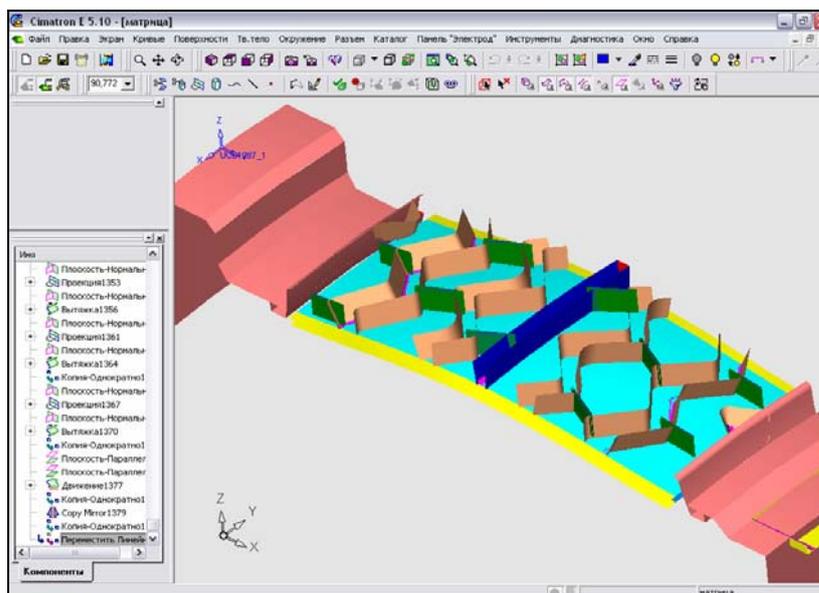


Рисунок 112 – Поверхности щелевых отверстий построены

Для создания документа электрода заходим в подсистему моделирования сборочных единиц (рисунок 113).

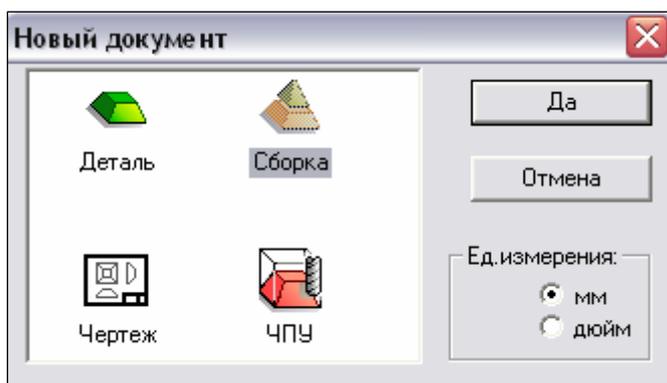


Рисунок 113 – Выбор подсистемы моделирования сборки при создании документа электрода

В открывшемся окне документа из меню «Сборка» вызываем команду «Добавить компонент». В системе координат документа располагаем по отметке 3D-модель матрицы. Затем на экране устанавливаем проводник электрода, который обеспечивает пользователя полным набором логических шагов для процесса создания электродов (рисунок 114).

Приступаем к созданию электрода. Обратимся к команде «Извлечь в электрод». Данный этап предполагает создание области электрода, которая фактически является исходным поперечным сечением заготовки электрода. Отмечаем СКП электрода, в качестве которой примем систему координат 3D-модели матрицы.

Создаем электрод прямоугольной формы (см. рисунок 114). Динамически изменяя область электрода, располагаем его таким образом, чтобы поверхности щелевого отверстия полностью попали в зону обработки электрода. Эти поверхности могут быть присоединены к электроду.

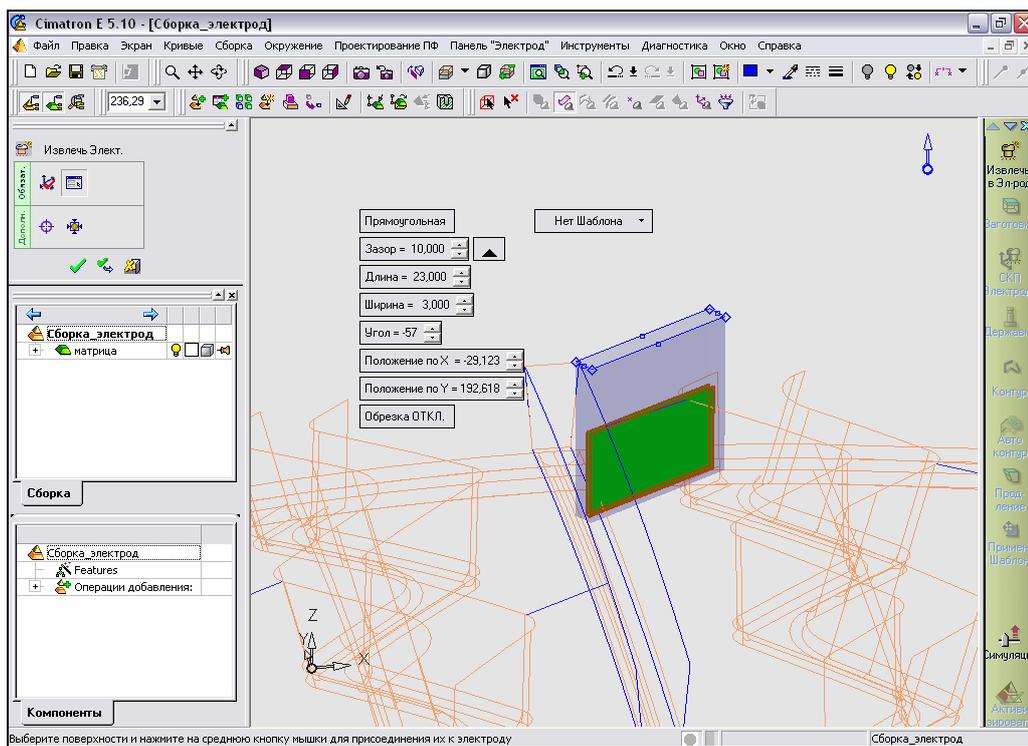
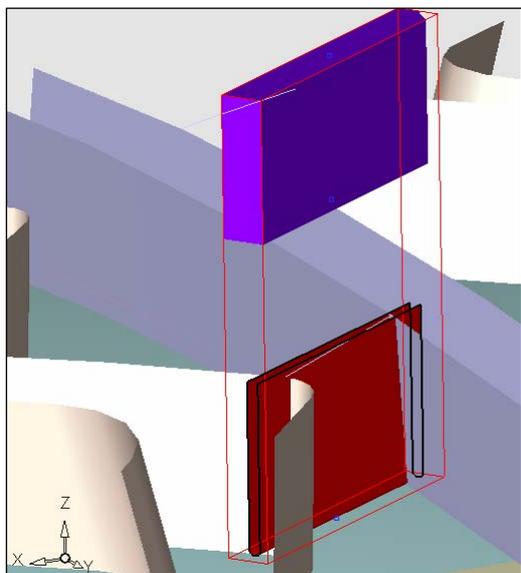


Рисунок 114 – Извлечение в электрод

Дальнейший шаг создания электрода – создание заготовки. Уточняем форму, размеры и расположение заготовки (рисунок 115). Маркируем базу заготовки с помощью скругления по одному из вертикальных ребер.



Маркировка позволяет правильно позиционировать электрод на электроэрозионном станке.

Рисунок 115 – Заготовка электрода создана

Создаем СКП области прожигания, выступающую в качестве справочной в чертежах электрода и в отчетах. Задаем начало СКП в той же точке, что и при фрезерной обработке с ЧПУ.

На следующем этапе необходимо отметить пространственный контур по границам поверхностей электрода (см. рисунок 115), который используется для продления поверхностей. Продление – это создание набора поверхностей между рабочими поверхностями и базой электрода. Воспользуемся опцией продления по направлению до нижней плоскости базы электрода.



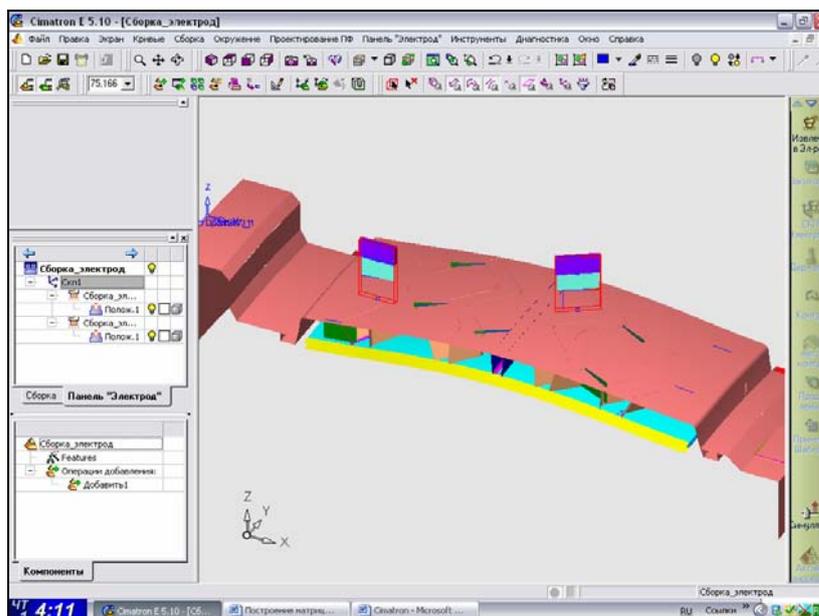


Рисунок 118 – Два электрода, спроектированные для электроэрозионной обработки различных щелевых отверстий

### 1.3.4 Моделирование в CAD/CAM Cimatron E 5.10 сборки пакета пресс-формы для литья вкладыша под давлением

Все детали пресс-формы перед началом сборки необходимо воплотить в твердотельных объектах Cimatron.

Порядок сборки 3D-модели пресс-формы аналогичен последовательности сборки узла, установленной в заводском ТП:

- 1) Установка и закрепление детали щека на торцы матрицы.
- 2) Соединение вставки и муфты.
- 3) Присоединение пуансона с помощью болтового соединения
- 4) Установка стержня и выталкивателя.

Для создания документа пресс-формы заходим в подсистему моделирования сборочных единиц (см. рисунок 113). Начинаем сборку пресс-формы с установки 3D-модели матрицы на поле документа с помощью функции «Добавить компонент». Для размещения 3D-модели указываем СКП (рисунок 119).

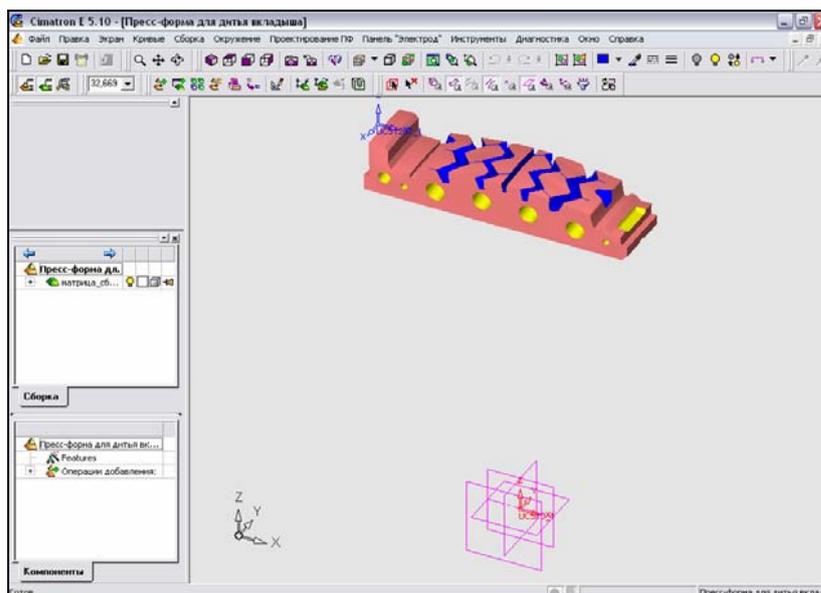


Рисунок 119 – Добавление 3D-модели матрицы в документ сборки пресс-формы

Продолжаем создание пресс-формы добавлением 3D-модели щеки, размещая ее по СКП 3D-модели матрицы (рисунок 120).

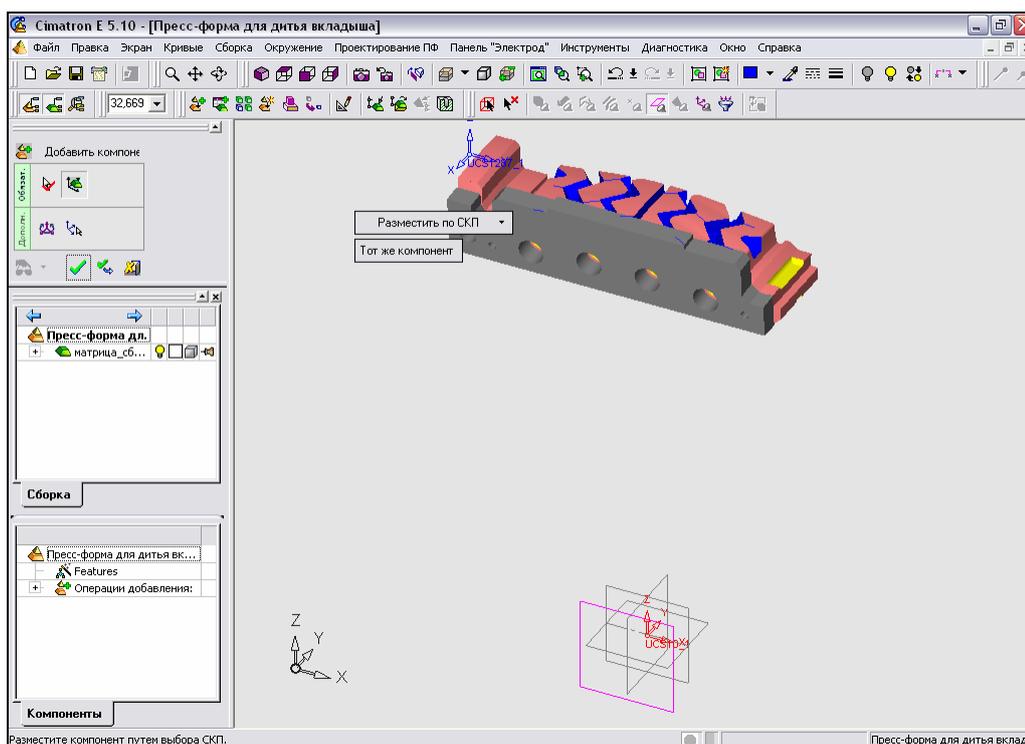


Рисунок 120 – Добавление 3D-модели щеки в документ пресс-формы

Далее с помощью двух штифтов необходимо зафиксировать положение щеки относительно торца матрицы. Добавляем 3D-модель штифта (рисунок 121). Воспользовавшись функцией «Привязать», производим установку штифта в соответствующее отверстие щеки. Осуществляем эту операцию в два этапа: сначала назначаем концентричное совпадение наружной цилиндрической поверхности штифта и внутренней цилиндрической поверхности отверстия (рисунок 122), а затем задаем совпадение торцевых поверхностей щеки и штифта (рисунок 123).

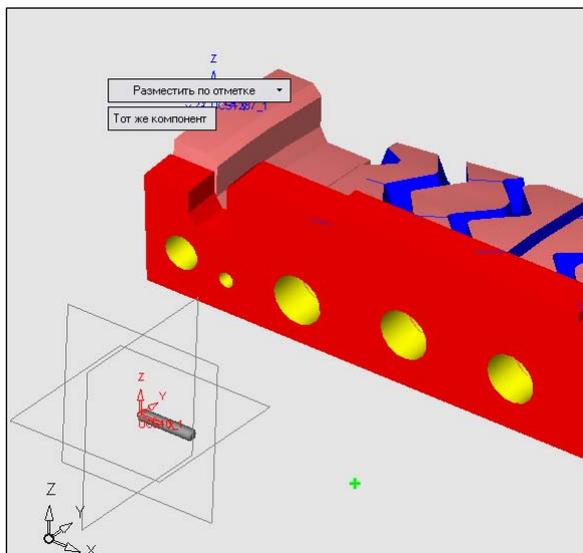


Рисунок 121 – Добавление 3D-модели штифта в документ пресс-формы

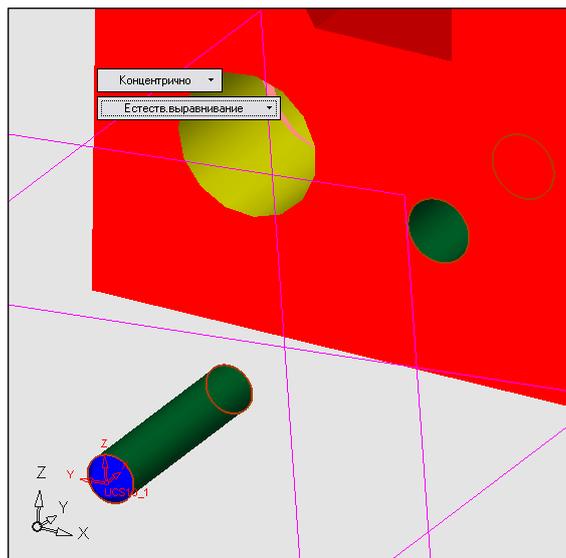


Рисунок 122 – Установка штифта в требуемое положение путем задания совпадения цилиндрических поверхностей штифта и отверстия щеки

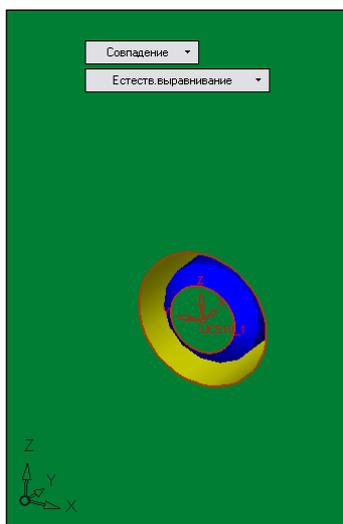


Рисунок 123 – Установка штифта в требуемое положение путем задания совпадения торцов щеки и штифта

Итак, штифт установлен в соответствующее отверстие щеки. Подобным же способом установив второй штифт, добиваемся четкой фиксации положения щеки относительно матрицы (рисунок 124).

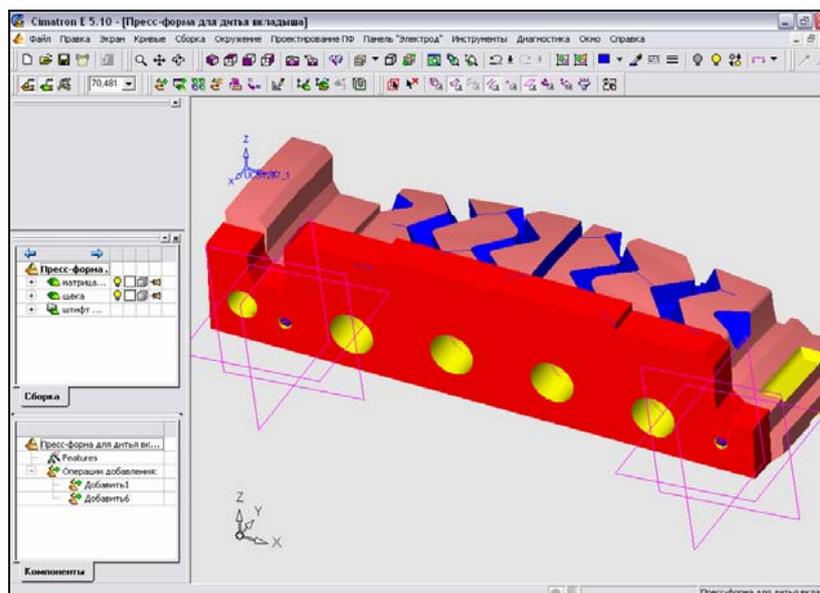


Рисунок 124 – Фиксирование положения щеки относительно матрицы с помощью двух штифтов

Теперь необходимо закрепить щеку с помощью болтового соединения. Производим добавление 3D-моделей болтов в документ пресс-формы и установку их в соответствующие отверстия щеки таким же способом, как и установка штифта (рисунок 125).

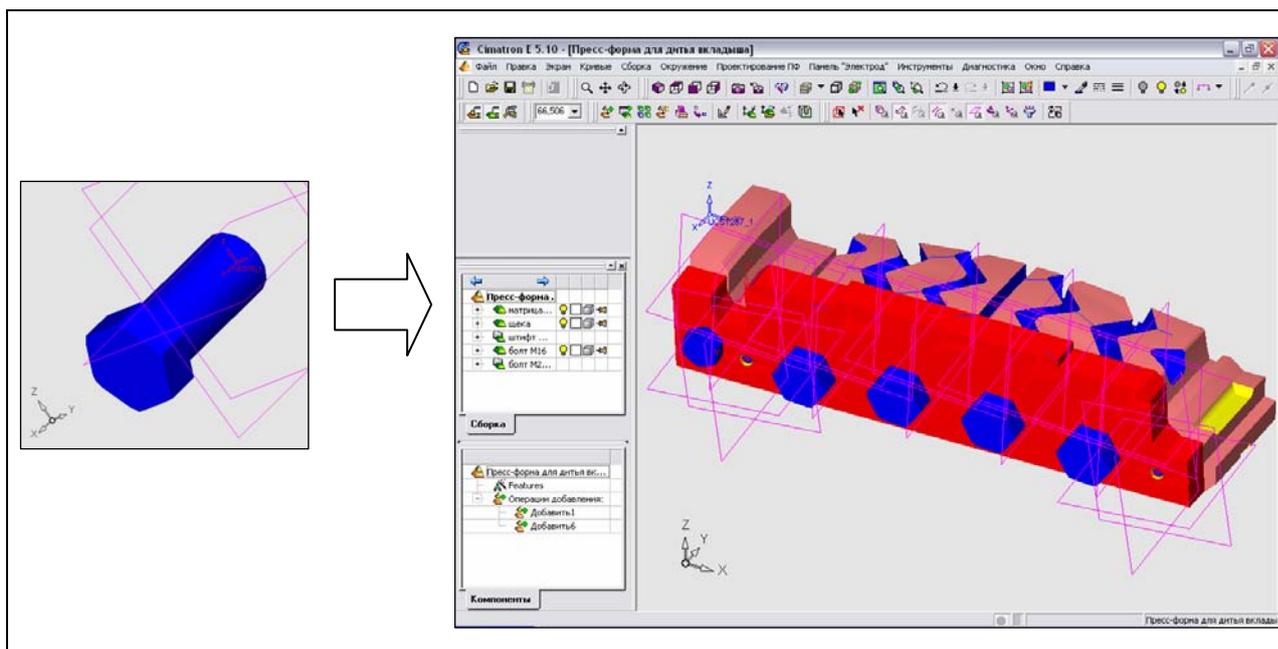


Рисунок 125 – Соединение деталей щеки и матрицы с помощью болтового соединения

Аналогичным образом производим установку второй щеки, фиксирование ее на торце матрицы с помощью штифтов и закрепление болтами (рисунок 126).

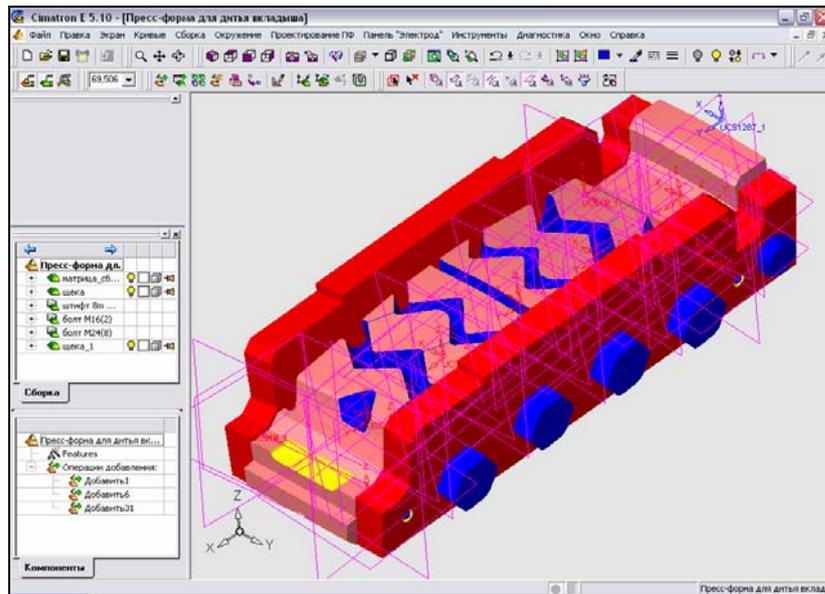


Рисунок 126 – Установка и закрепление щек по торцам матрицы произведены

Осуществляем сборку верхней (подвижной) части пресс-формы, состоящей из пуансона, муфты и вставки. Предполагаем, что пресс-форма находится в рабочем состоянии, когда пуансон опущен и в полость пресс-формы уже залит металл. Добавляем в документ сборки 3D-модель вставки и достигаем требуемого ее положения путем привязки торцов вставки к поверхностям матрицы (рисунки 127, 128, 129).

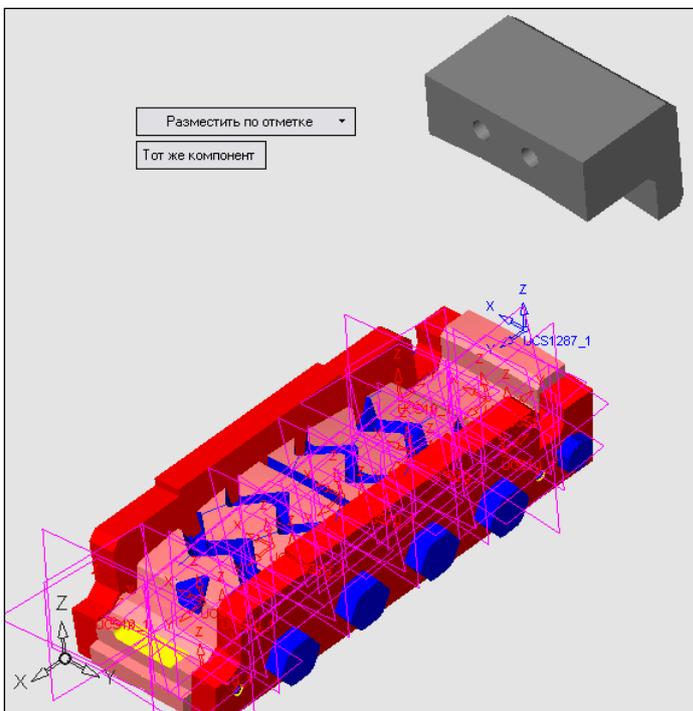


Рисунок 127 – Добавление 3D-модели вставки в документ пресс-формы, размещая ее по отметке

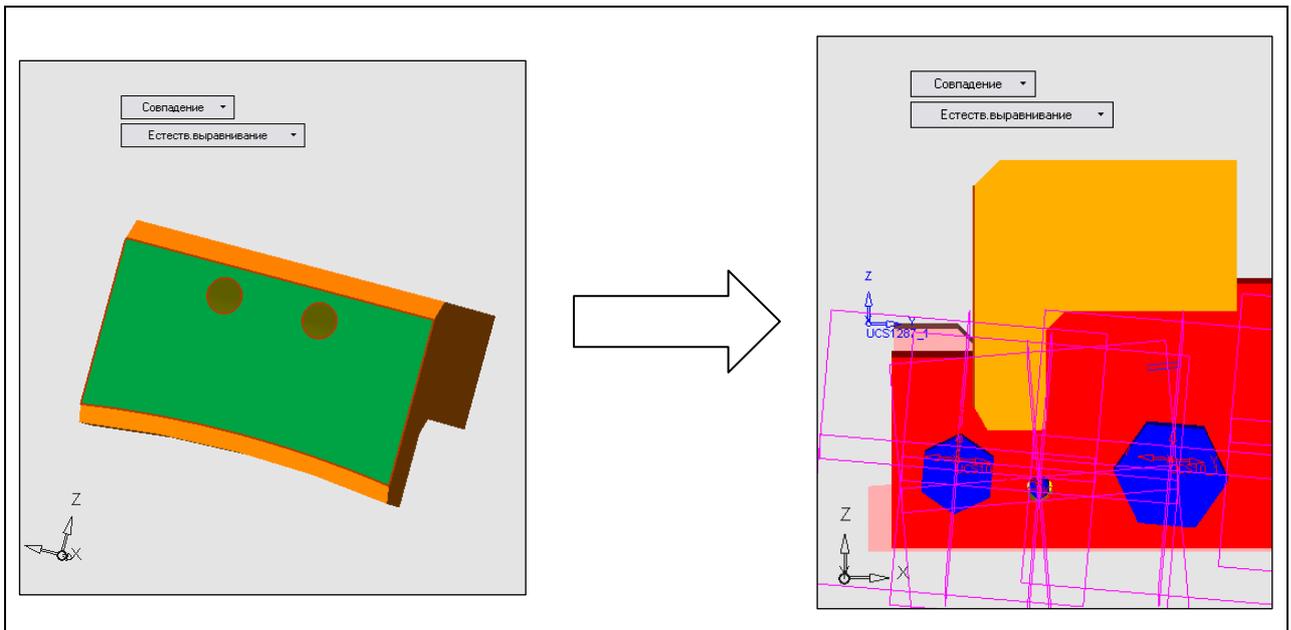


Рисунок 128 – Назначение привязки совпадения торца вставки и поверхности матрицы

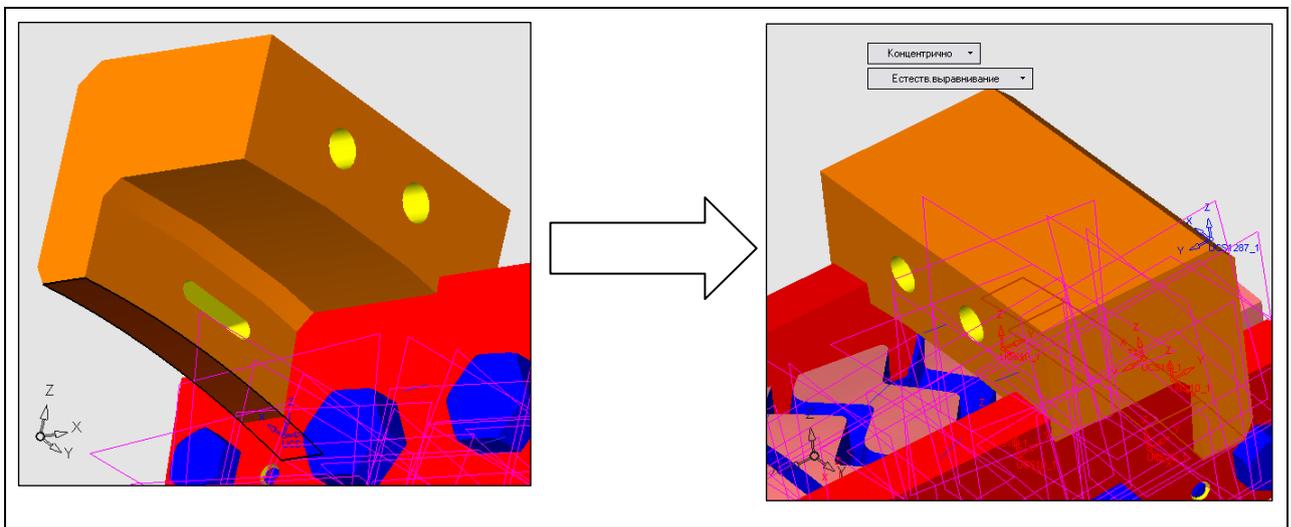


Рисунок 129 – Назначение привязки совпадения криволинейных поверхностей вставки и матрицы

Продолжаем сборку пресс-формы установкой в отверстия вставки двух направляющих штырей (рисунки 130) и фиксированием муфты по этим штырям (рисунки 131,132,133).

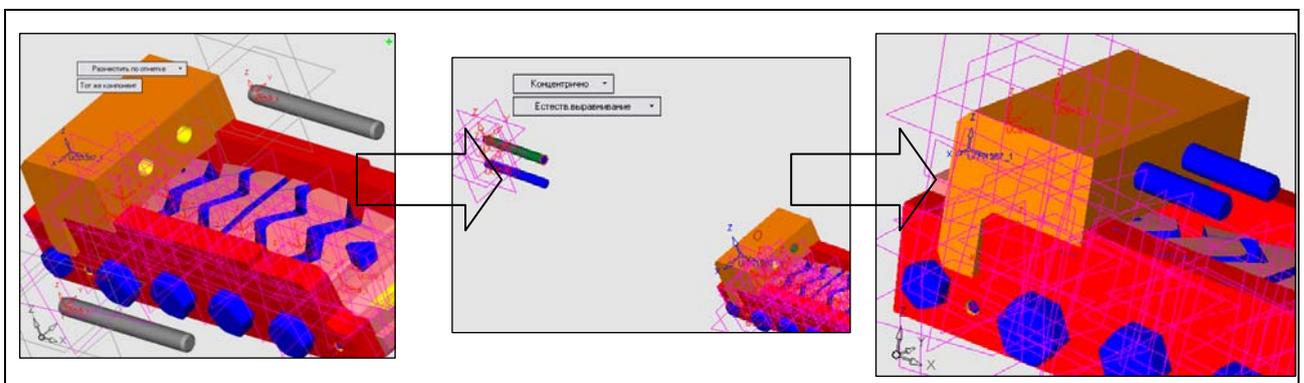


Рисунок 130 – Добавление 3D-моделей штырей, привязка концентричным совпадением цилиндрических поверхностей и установка в отверстия

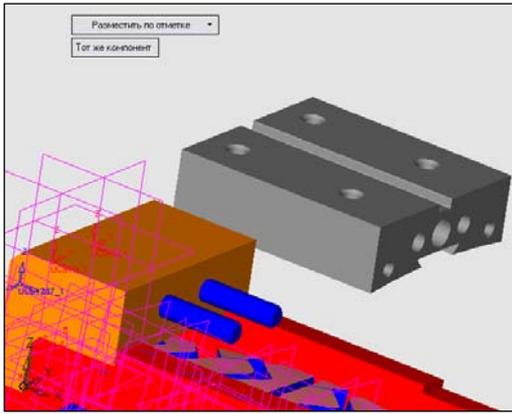


Рисунок 131 – Добавление 3D-модели муфты в документ сборки пресс-формы, размещая ее по отметке

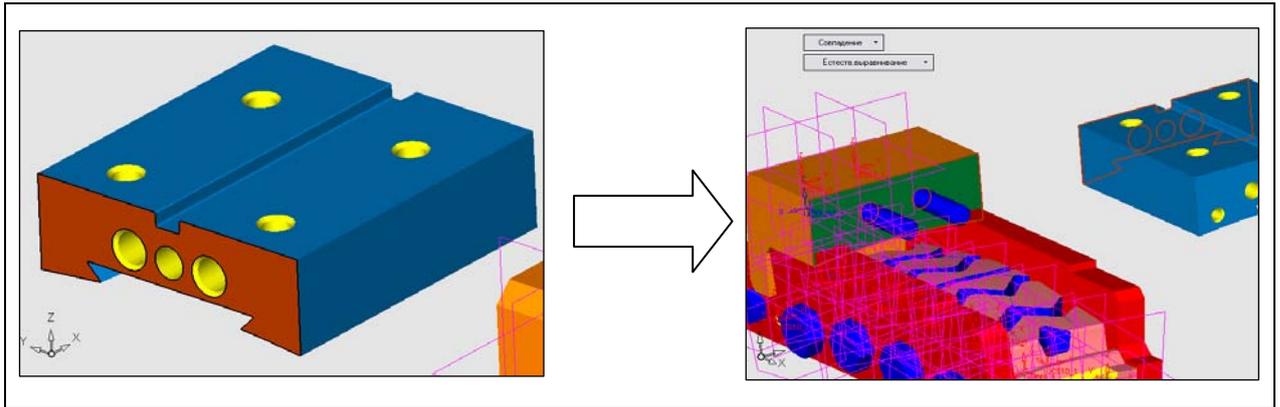


Рисунок 132 – Привязка совпадением торцовых поверхностей вставки и муфты

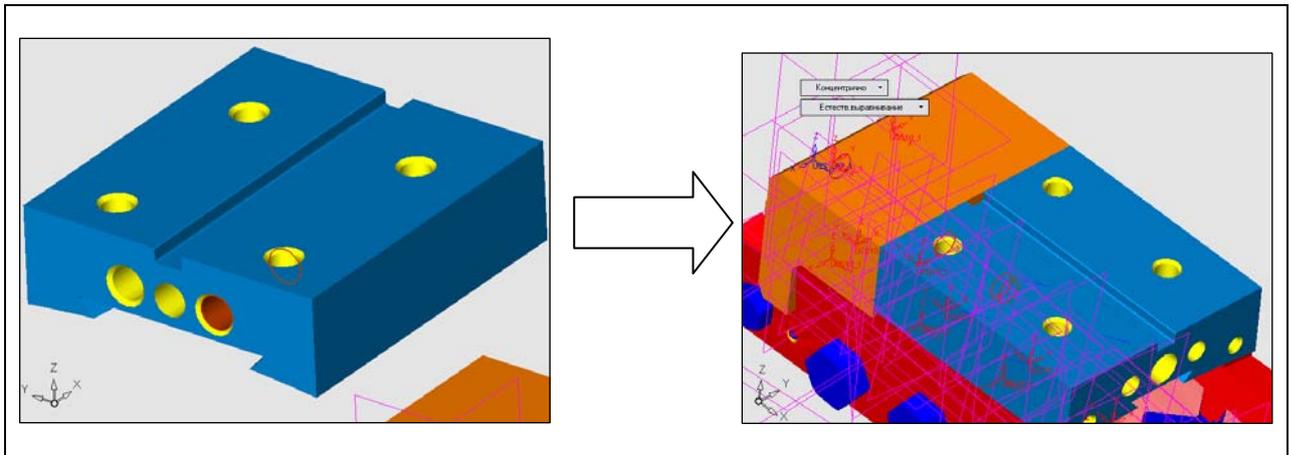


Рисунок 133 – Фиксирование положения муфты путем привязки концентричным совпадением цилиндрических поверхностей отверстия и штыря

Продолжаем сборку пресс-формы, добавляя 3D-модель пуансона (рисунок 134). Далее устанавливаем два штифта в отверстия муфты (рисунок 135) и соединяем пуансон с муфтой, используя сначала привязку цилиндрических поверхностей штифтов и отверстий пуансона (рисунок 136), а затем совпадение торцов пуансона и муфты (рисунок 137).

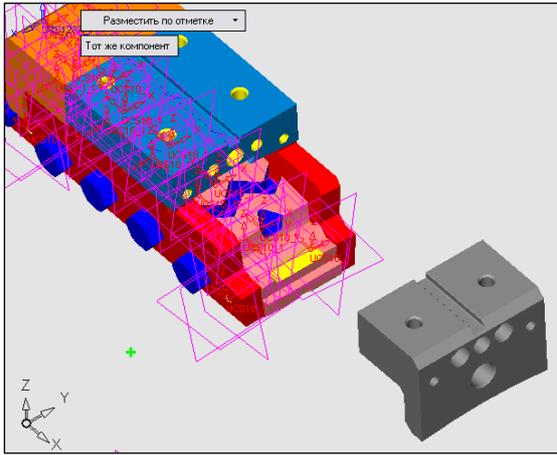


Рисунок 134 – Добавление 3D-модели пуансона в документ сборки, располагая ее по отметке

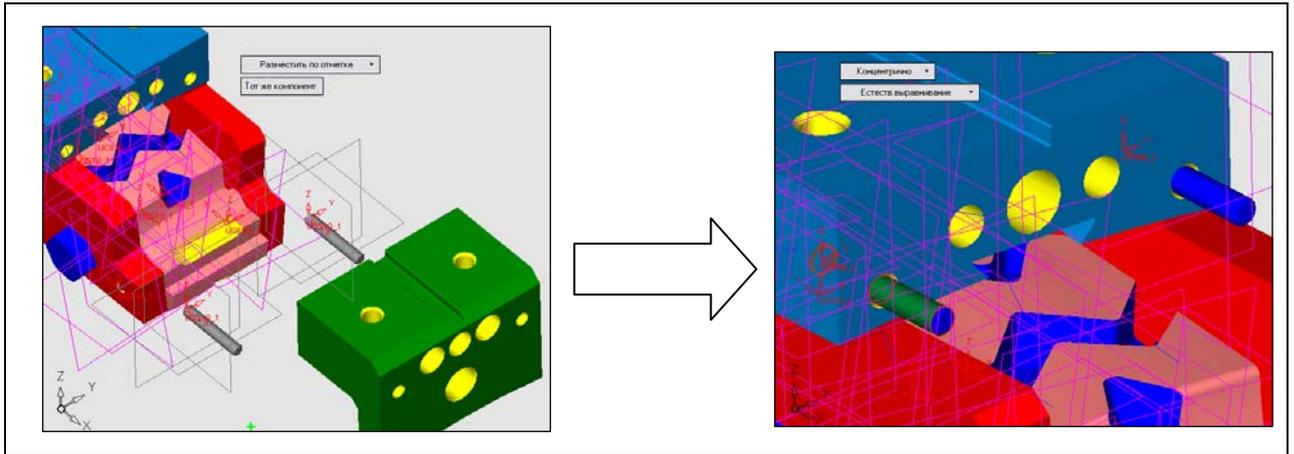


Рисунок 135 – Добавление 3D-моделей штифтов в документ и их установка в отверстия муфты

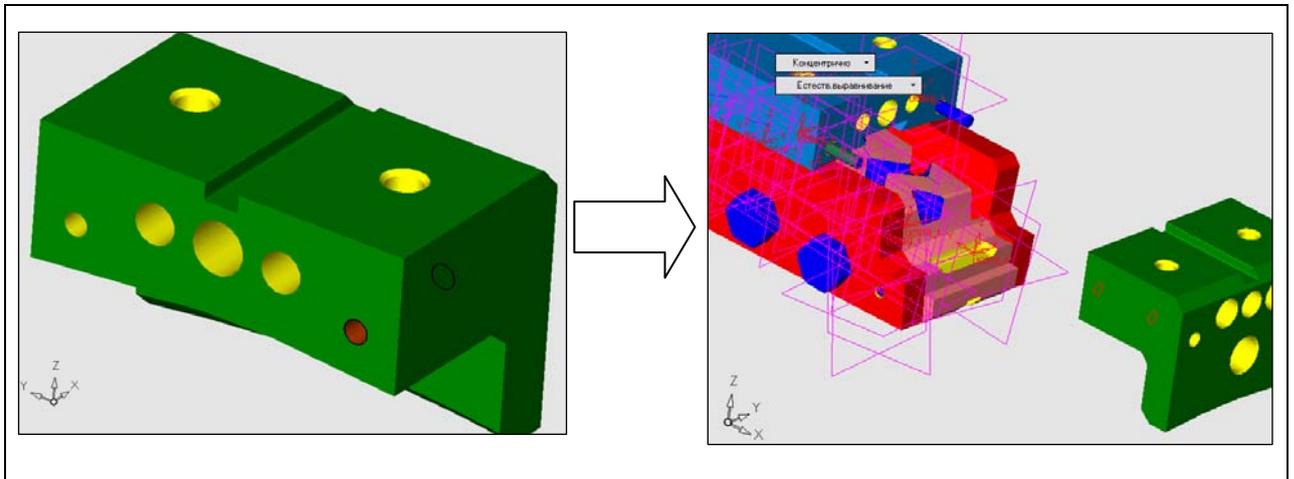


Рисунок 136 – Фиксирование положения пуансона относительно муфты путем привязки цилиндрических поверхностей штифта и отверстия пуансона

Заканчиваем сборку пресс-формы добавлением 3D-моделей стержня и выталкивателя (рисунки 138, 139). Фиксируем положение этих деталей, используя концентрическое совпадение цилиндрических поверхностей, а также привязку торцов.

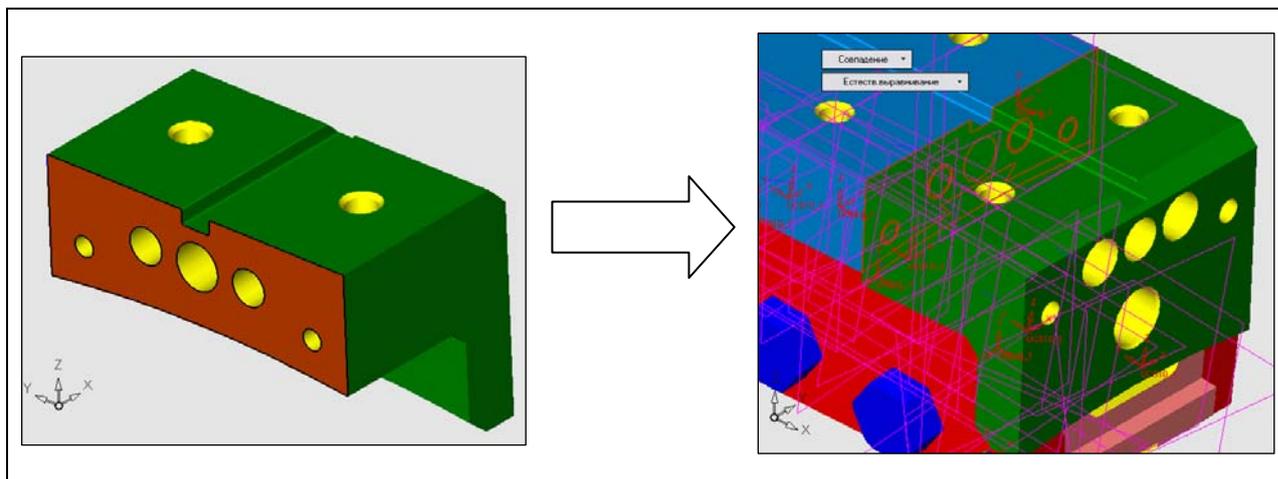


Рисунок 137 – Фиксирование положения пуансона относительно муфты путем привязки торцевых поверхностей

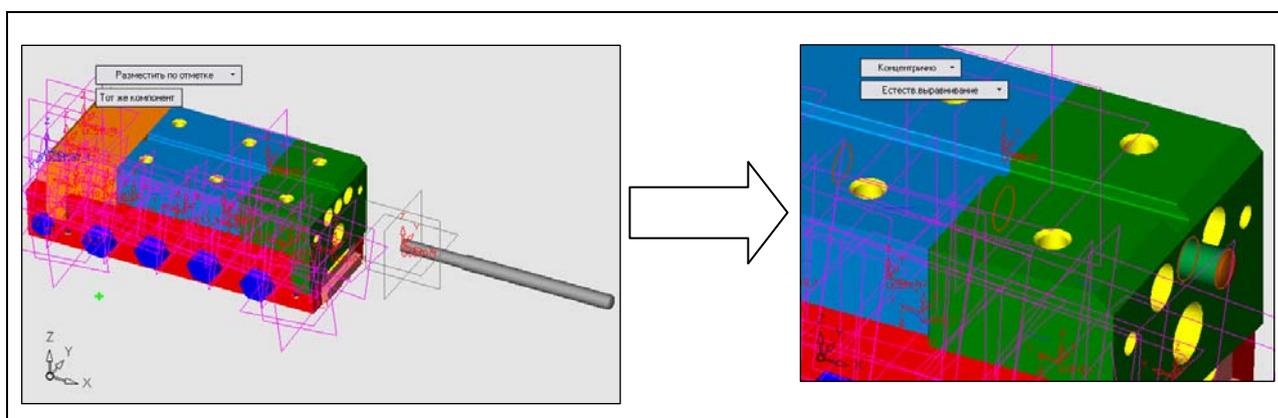


Рисунок 138 – Добавление в документ и установка 3D-модели стрежня

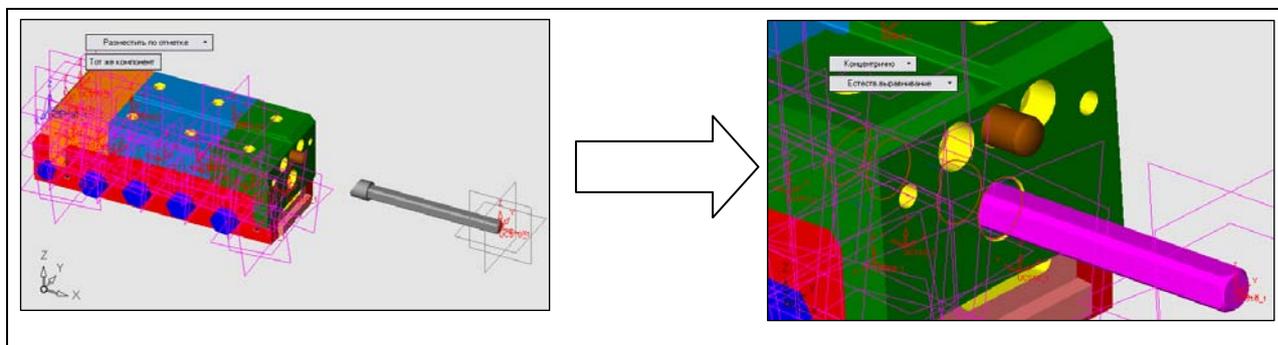


Рисунок 139 – Добавление в документ и установка 3D-модели выталкивателя

Итак, создание сборки 3D-модели пресс-формы для литья вкладыша под давлением окончено (рисунок 140).

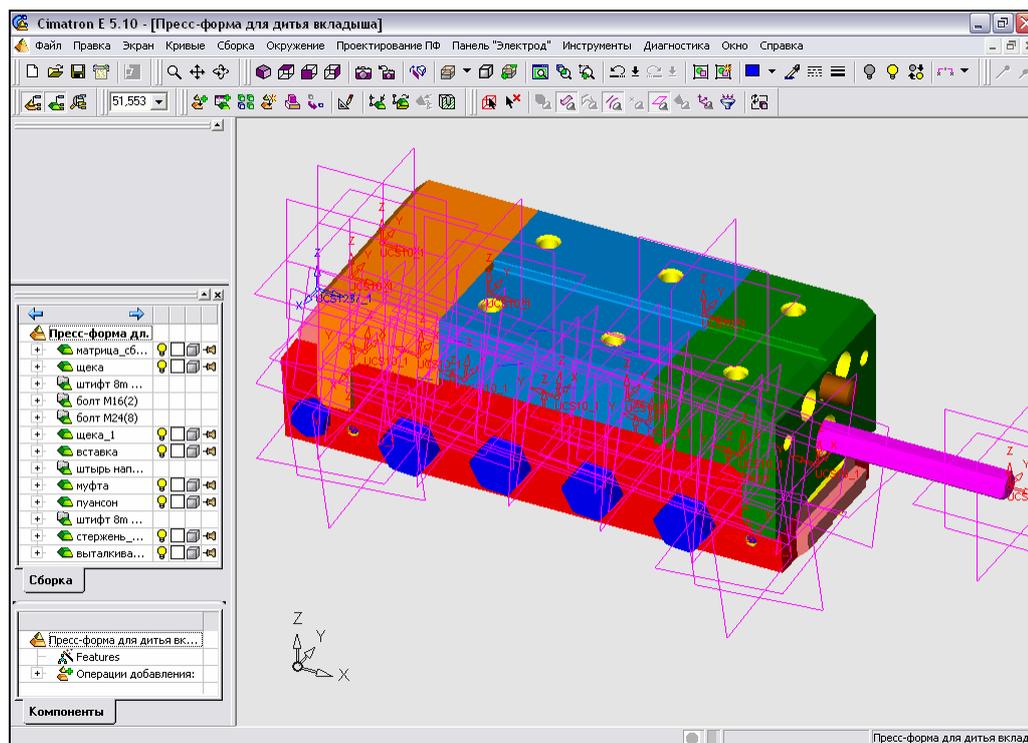


Рисунок 140 – 3D-модель пресс-формы для литья вкладыша под давлением в сборе

## 1.4 Применение САПР-системы КОМПАС-Автопроект 9.3 при ТПП пресс-форм на ОАО «ИФО»

### 1.4.1 Возможности САПР КОМПАС-Автопроект

Российский рынок САПР предлагает пользователям целый ряд программных продуктов, ориентированных на автоматизацию работы технолога. Выбор базовой системы построения автоматизированного рабочего места технолога в конечном итоге сводится к основному набору функциональных свойств и требований, как то:

- интеграция с конструкторским интерфейсом, позволяющая технологу работать непосредственно с изображениями технологического объекта и максимально использовать визуальную информацию в процессе технологического проектирования;
- интеграция с системой управления БД, позволяющая использовать накопленный технологический опыт, справочную и специфическую информацию предприятия, получать, обрабатывать и передавать рабочие параметры технологических объектов;
- гибкая система адаптации под специфические условия того или иного предприятия, включающую в себя модули построения информационно-технологических связей, пользовательских интерфейсов и генерирования любой возможной технологической документации.

Таким требованиям отвечает САПР-система КОМПАС-Автопроект.

САПР ТП КОМПАС-Автопроект позволяет проектировать маршрутно-операционные технологии механообработки, штамповки, сборки, сварки, термообработки, покрытия, гальваники, литья, используя при этом около 3000 реляционных таблиц различной структуры и подчиненности.

КОМПАС-Автопроект поддерживает стандартные СУБД типа Access, Paradox, FoxPro, dBase на динамически формируемых SQL-запросах. Подобного рода свойство является «правилом хорошего тона» всех технологических подсистем и практически возведено в стандарт. К этому можно добавить только возможность удаленного доступа к единой информационной базе с каждого рабочего места, что четко реализовано в КОМПАС-Автопроект [5].

Наиболее часто для навигации в БД используется компонент «дерево». Однако его применение оправдано лишь при неглубокой вложенности и ограниченном составе иерархически подчиненных элементов (рисунок 141). В качестве средства отображения взаимосвязи и подчиненности отдельных реляционных таблиц в КОМПАС-Автопроект используются модели данных, представленные в виде графов или графических схем. В отличие от компонента «дерево» граф позволяет отображать не только иерархические, но и сетевые модели данных (см. рисунок 141).

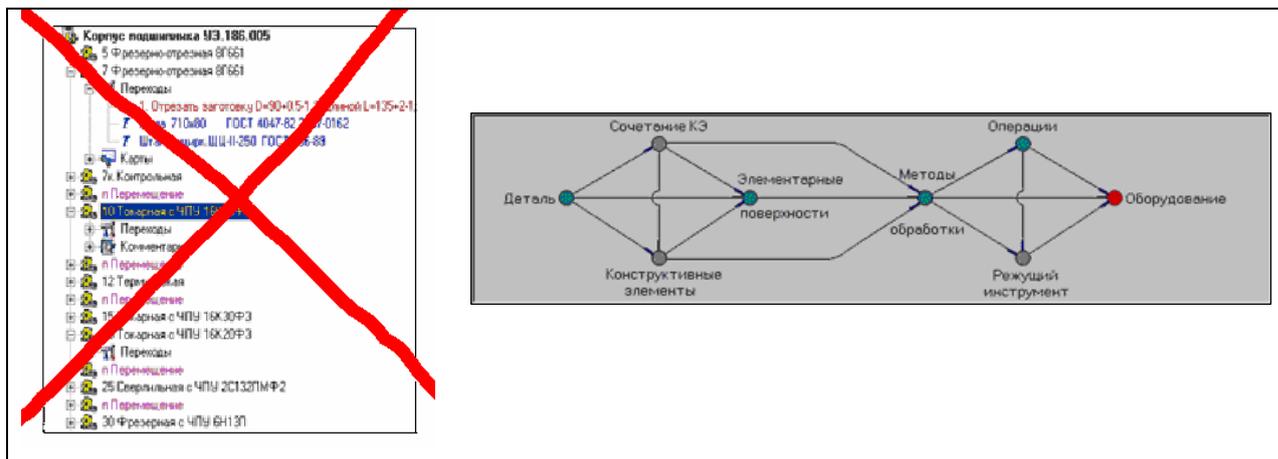


Рисунок 141 – Использование графа, а не «дерева» для навигации в БД в КОМПАС-Автопроект

Каждой вершине графа соответствует определенная таблица, а дугам – возможность перехода от одного набора данных к другому по ключевому полю или полям. Красным цветом выделена текущая вершина, зеленым – пройденные. Щелчок мыши на вершине графа означает переход или возврат к выбранной таблице.

САРР-система КОМПАС-Автопроект состоит из двух взаимосвязанных подсистем «Автопроект-Спецификации» и «Автопроект-Технологии». Подсистема *«Автопроект-Спецификации»* решает задачи ведения конструкторско-технологических спецификаций изделий, организации хранения разработанных технологий, нормирования расхода материалов, регистрации документов, анализа архивных технологий, автоматической замены информации в архивах и другие задачи обработки технологических данных, связанных с составом изделия.

В подсистеме *«Автопроект-Технологии»* реализованы функции проектирования ТП механической обработки, штамповки, сборки, термообработки, сварки, покрытий и других видов обработки, систематизации нормативно-справочной информации, проведения технологических расчетов, формирования комплекта технологической документации.

Многие предприятия при разработке технологической документации используют формы документов, отражающие одновременно конструкторские и технологические данные по изделиям. Одним из таких документов является КТС. В КТС представлены данные по наименованию, обозначению, количеству элементов состава изделия (изделие – сборочный узел – деталь и т.д.). Каждому элементу состава изделия соответствует свой маршрут изготовления. Для деталей внесена информация по материалу, массе, виду и размерам заготовки для изготовления, норме расхода материала.

В КОМПАС-Автопроект БД КТС представляет четырехуровневую цепочку данных: «Изделие» → «Узел» → «Деталь» → «Документы», по которым распределена информация (рисунок 142). Система обеспечивает наглядное представление структуры изделия, средства навигации и редактирования данных. Для удобства работы записи текущей таблицы могут

быть отсортированы по выбранному полю. Предусмотрен удобный механизм поиска в БД.

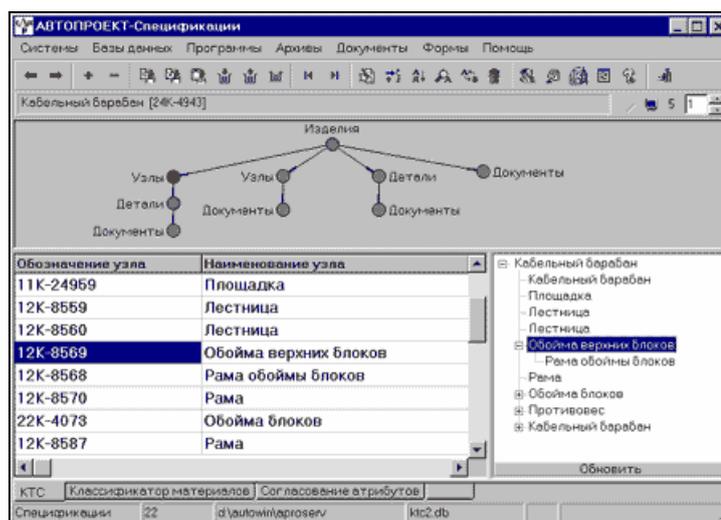


Рисунок 142 – БД КТС

В дополнение к информации, включенной в применяющуюся на предприятиях «бумажную» форму, БД КТС на разных уровнях предусматривает поля для ввода даты создания, наименования и фамилии разработчика различных документов, ссылки на файлы этих документов, поля для контроля степени готовности документации, поля ввода КТК детали, вида детали и др. Пользователь имеет возможность структурно модифицировать БД (как и любую другую БД системы), например, ввести дополнительные поля.

Каждая запись, относящаяся к элементу состава изделия, на уровне «Документы» может иметь ссылки на документы, созданные в различных приложениях. Например, для детали это могут быть ссылки на модель, чертеж, ТП различных переделов, извещения об изменениях и др. Для изделия – ссылки на техническое задание, программу испытаний и т.д. Запуск соответствующего приложения производится непосредственно из таблицы (рисунок 143). Технолог уже на ранней стадии разработки конструкторской документации проводит отработку на технологичность конструкции деталей, узлов и изделия в целом, вносит предложения, работая параллельно с конструктором. Особенно эффективен этот процесс при использовании трехмерного моделирования, поскольку наглядно представлены пространственное расположение элементов детали, структура сборки.

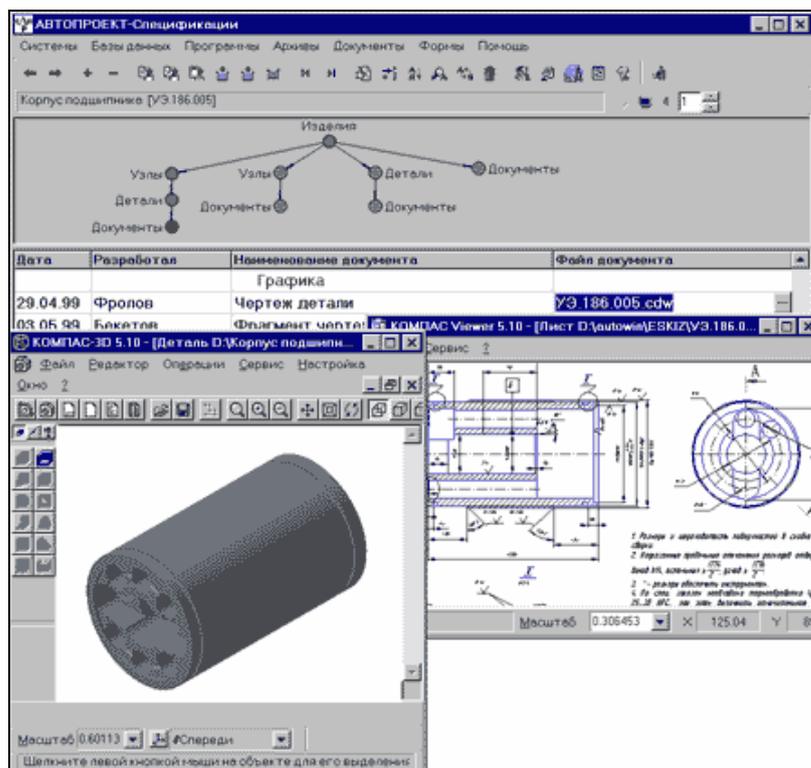


Рисунок 143 – Запуск приложений из БД КТС

Используя встроенный в систему КОМПАС-Автопроект классификатор материалов, технолог по марке материала выбирает вид заготовки, марку и сортамент. По заданным значениям система автоматически выбирает вариант расчета, с учетом размеров рассчитывает вес заготовки, коэффициент использования материала и переносит информацию в КТС.

В КОМПАС-Автопроект реализовано формирование различных ведомостей и расчетов технологических данных по составу изделия, например, расчет суммарной трудоемкости изготовления изделий и узлов с использованием операционных данных по времени обработки с разработанных ТП. Данные по расчету могут быть использованы для определения себестоимости изготовления изделия, загрузки оборудования, даты запуска изделия в производство по известной дате его выпуска.

Организованное хранение ТП и поддержка функций документооборота (на основе БД КТС) позволяют решать различные задачи из практики работы технологических служб с помощью КОМПАС-Автопроект. Так, для подбора ТП-аналога на разных предприятиях вводилась система конструкторско-технологического кодирования детали на основе различных классификаторов. Для поддержания данной системы в работоспособном состоянии требуется проводить большой объем работ по ручному кодированию, внесению данных в картотеку. КОМПАС-Автопроект не только обеспечивает проектирование ТП по аналогу, но и имеет настраиваемый механизм конструкторско-технологического кодирования деталей для эффективного подбора аналога. КТК детали состоит из 6-значного конструкторского (кода геометрической формы) и 14-значного технологического кода. Каждый элемент кода имеет справочную

кодировочную таблицу. Для получения конструкторского кода детали необходимо последовательно выбрать класс, подкласс, группу, подгруппу и вид детали (рисунок 144). Каждый элемент технологического кода также имеет в БД соответствующую справочную кодировочную таблицу с кодами размеров, марки материала, заготовки, степени точности, дополнительной информации (рисунок 145).

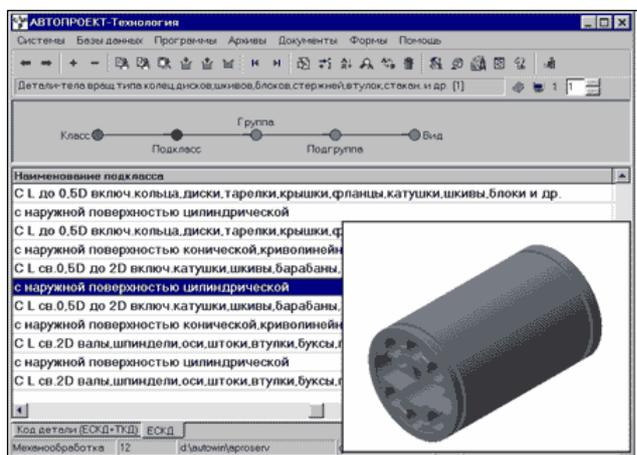


Рисунок 144 – Ввод конструкторского кода детали

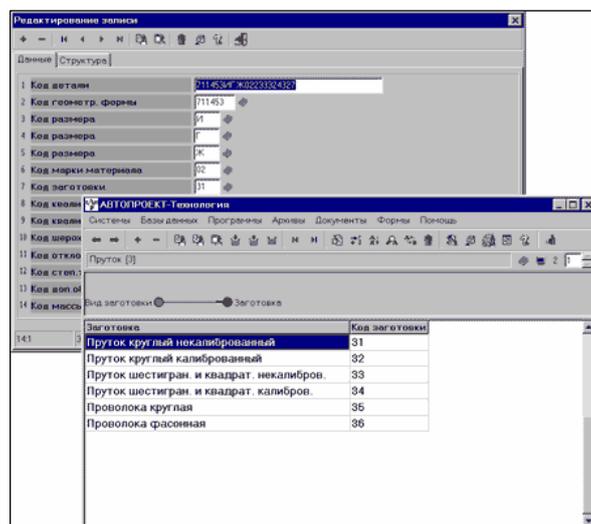


Рисунок 145 – Ввод технологического кода детали

В КОМПАС-Автопроект может осуществляться автоматический поиск в БД разработанных ТП по самым разнообразным критериям. Критериев может быть несколько. В качестве критерия поиска используется любое поле таблицы БД или их комбинация. Например, поиск может быть произведен по КТК детали, по виду документа, по дате создания, по фамилии разработчика и т.д.

Подобранный ТП технолог может использовать в качестве ТП-аналога. При выборе стартует процедура извлечения из архива, ТП для дальнейшей работы помещается в рабочее поле текущей или дублирующей технологии подсистемы «Автопроект-Технологии». Модифицированная технология может быть записана в архиве под прежним или под новым именем.

Этим возможности использования ТП-аналога не исчерпываются. В практике предприятий существуют методики черновой оценки себестоимости с помощью изделий-аналогов по коэффициентам приведения. Выполнение данного расчета по деталям с использованием ТП-аналогов может значительно повысить точность ориентировочного определения цены заказа. На основе КТК детали подбираются детали-аналоги. Затем формируется состав изделия-аналога, и проводятся необходимые расчеты. Очевидно, что оценка затрат на производство нового изделия будет более приближенной к реальной стоимости по сравнению с использованием коэффициентов приведения. При этом окончательное определение себестоимости будет произведено после завершения подготовки производства.

В системе КОМПАС-Автопроект предусмотрен режим «Замена в архиве». Технологию достаточно подготовить список требуемых изменений, и система произведет автоматическую замену во всех архивных технологиях с формированием извещения об изменении в форме по ГОСТ или другой форме, по стандарту предприятия. Данный механизм системы может быть использован предприятием и для подготовки перечня применяемости различных средств технологического оснащения.

ТП, разработанные в КОМПАС-Автопроект, могут быть помещены в архив системы в сжатом виде. Также существует возможность сохранить в архиве не только ТП, но и информацию об определенной группе изделий, хранящуюся в текущих БД КТС. Данная функция позволяет отображать в БД КТС только изделия, находящиеся в настоящий момент в производстве, а информацию по остальным изделиям хранить в архиве, из которого технолог сможет ее извлечь при необходимости.

КОМПАС-Автопроект обеспечивает интеграцию с различными PDM-системами, например, с пакетами ЛОЦМАН:PLM, КОМПАС-Менеджер.

Конечной целью любой САПР-системы является разработка комплекта технологической документации. КОМПАС-Автопроект позволяет сформировать порядка 60 технологических карт в строгом соответствии с ГОСТ в среде с Microsoft Excel. При необходимости, используя инструментальные средства КОМПАС-Автопроект, пользователь может разработать новые карты, а также внести изменения в существующие образцы. Эскизы и графическая часть технологических карт выполняются в среде КОМПАС-График (рисунок 146).

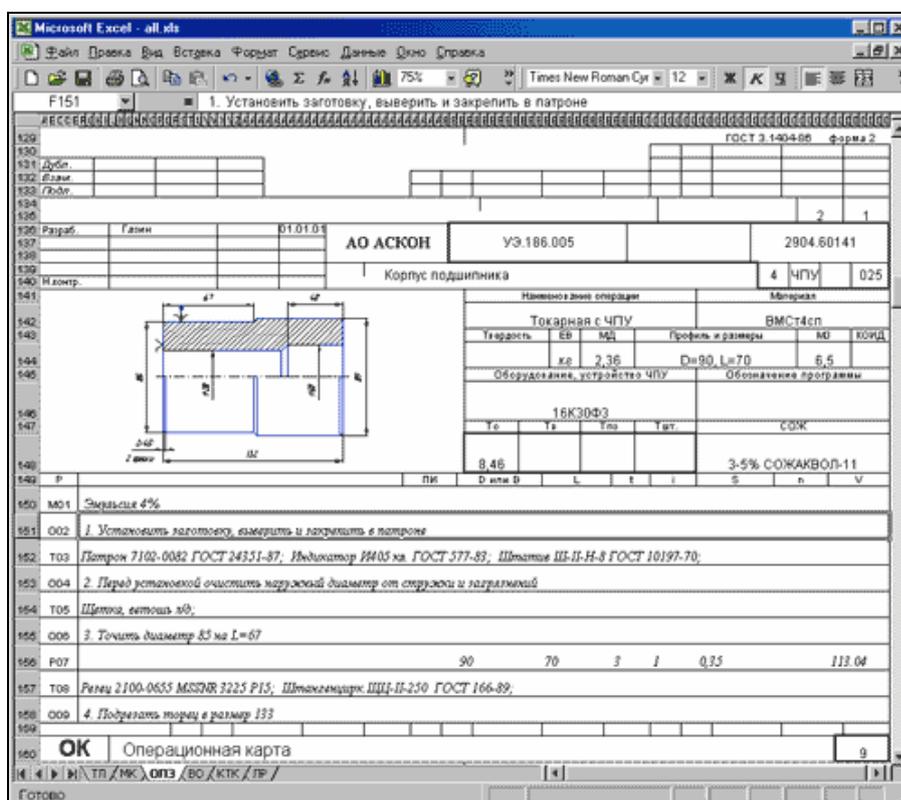


Рисунок 146 – Фрагмент операционной карты с эскизом, выполненным в КОМПАС-График

Для разработки документов произвольной формы в КОМПАС-Автопроект используется специальный генератор отчетов, также формирующий технологические карты в среде Microsoft Excel (рисунок 147).

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОПЕРАЦИОННАЯ ВЕДОМОСТЬ ППК №								
Лист	Строка	Обозначение технологического процесса	Цех изготовления	Номер технологической операции	Наименование технологической операции	Наименование и тип оборудования	Трудоемкость изготовления операции (Мин.)	Технологическое время на естественные
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Обозначение и наименование ДСЕ					УЗ 186.005			
Корпус подшипника								
	1		ИПУ	5	Фрезерно-отрезная	ФГ661		
	2		ИПУ	7	Фрезерно-отрезная	ФГ661		
	3		ИПУ	7к	Контрольная			
	4			п	Перемещение			
	5	4		10	Токарная с ЧПУ	16K30Ф3	44,46	
	6			п	Перемещение			
	7			12	Термическая			
	8			п	Перемещение			
	9	4		15	Токарная с ЧПУ	16K30Ф3	2,88	
	10	4		20	Токарная с ЧПУ	16K20Ф3	2,23	
	11			п	Перемещение			
	12	4		25	Сверлильная с ЧПУ	2С132МФ02	1,1	
	13			п	Перемещение			
	14	4		30	Фрезерная с ЧПУ	ФН13П	0,01	
	15		ИПУ	30к	Контрольная			
	16			п	Перемещение			
						ИТОГО:	50	

Рисунок 147 – Образец произвольного документа, сформированного генератором отчетов КОМПАС-Автопроект

## 1.4.2 Создание маршрутно-операционной карты ТП изготовления матрицы средствами САРР КОМПАС-Автопроект 9.3

Продemonстрируем возможности КОМПАС-Автопроект 9.3 на примере оформления маршрутно-операционной карты ТП изготовления матрицы.

### 1.4.2.1 Создание проекта изделия

Для входа в среду КОМПАС-Автопроект запускаем приложение «Автопроект-Спецификация». По умолчанию устанавливается основной режим КТС. Чтобы активизировать проект, нажимаем на вершину графа с надписью «Проект» – она становится красной (рисунок 148).

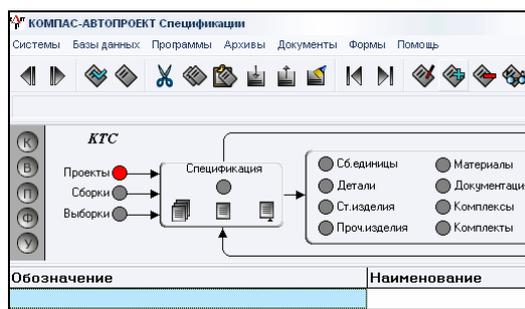


Рисунок 148 – Выбор создания нового проекта

С помощью команды «Вставка пустой записи» открываем диалоговое окно «Редактирование записи». В пустых ячейках вводим название, обозначение сборочной единицы, ее массу (рисунок 149).

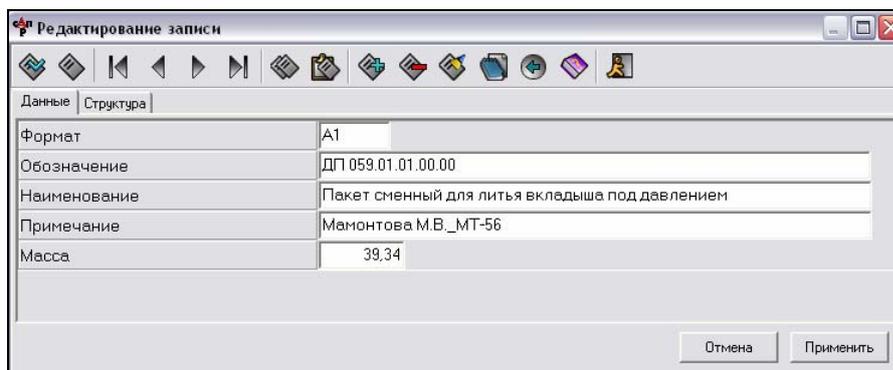


Рисунок 149 – Ввод данных нового проекта

После этого в окне подсистемы наряду с другими появляется запись о созданном проекте (рисунок 150), которую при необходимости можно легко редактировать.

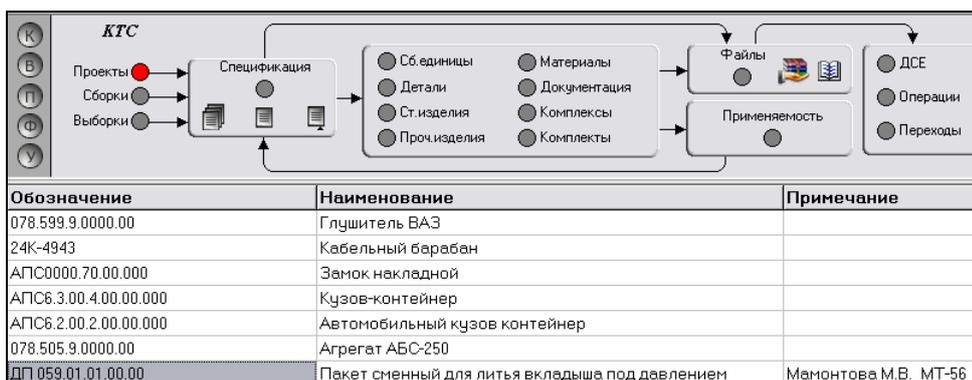


Рисунок 150 – Запись о новом проекте в окне «Автопроект-Спецификация»

### 1.4.2.2 Создание спецификации изделия

В графе БД переходим к окну «Спецификация» (рисунок 151).

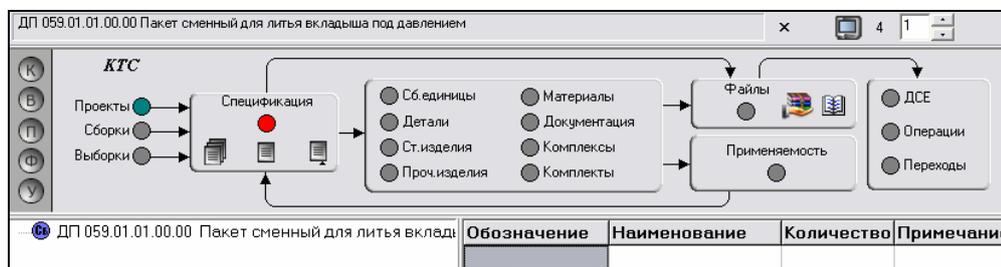


Рисунок 151 – Диалоговое окно создания записи о детали

Нажимаем на вершину «Деталь» графа БД, открывается окно со строкой для ввода информации о детали. С помощью команды «Вставка пустой записи» открываем диалоговое окно «Редактирование записи», в котором вводим данные детали. Для автоматического занесения информации о виде детали (рисунок 152), марки материала, сортамента, массы заготовки

воспользуемся справочником – стандартным приложением КОМПАС-Автопроект.

● Тип детали	
Наименование вида	Вид детали
Металлическая	А
Неметаллическая	Б
Стандартная металлическая собственная	В
Стандартная металлическая покупная	Г
Стандартная неметаллическая собственная	Д
Стандартная неметаллическая покупная	Е

Рисунок 152 – Указание вида детали с помощью справочника

При задании данных о детали через справочник приложение системы производит автоматический расчет массы заготовки (черного веса) и коэффициента использования материала. Но прежде в справочнике необходимо выбрать вид, тип и наименование материала детали (рисунок 153).

The screenshot displays a three-step material selection process. Each step features a flowchart at the top with nodes for 'Вид материала', 'Тип мат-ла', 'Материал', 'Марка', 'Сортмент', 'Типоразмер', 'Поиск', and 'Черный вес'. Below the flowchart is a list of options. In the first step, 'Металлы черные' is selected. In the second step, 'Стали' is selected. In the third step, 'Стали инструментальные легированные' is selected.

Рисунок 153 – Задание данных о материале с помощью справочника

Дальнейший этап – уточнение марки материала. В нашем случае, марка стали 3Х2В8Ф, из которой изготавливается матрица, не содержится в БД КОМПАС-Автопроект. Для пополнения БД необходимой маркой стали вызываем команду «Вставка пустой записи» и в ячейки окна «Редактирование записи» заносим данные о новой марке материала (рисунок 154). Теперь в окне выбора марки материала детали можно указать требуемую сталь (рисунок 155).

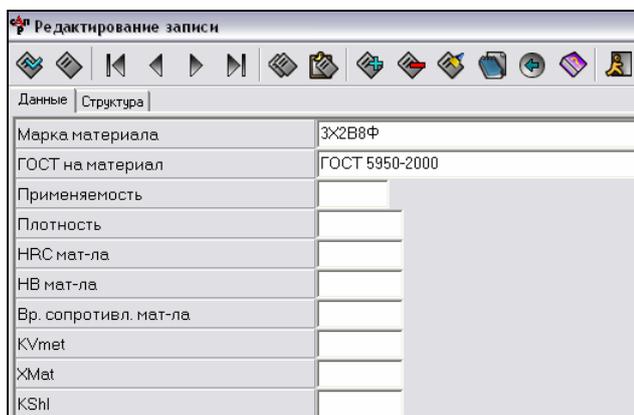


Рисунок 154 – Добавление новой марки материала в БД КОМПАС-Автопроект

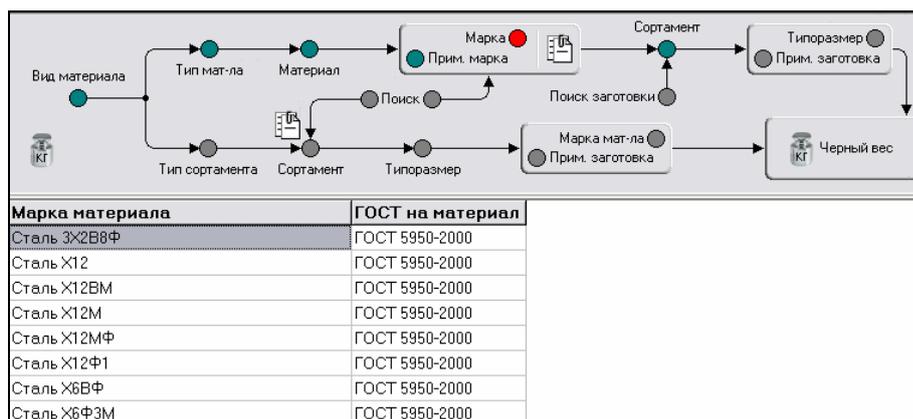


Рисунок 155 – Выбор марки материала, из которого изготавливается матрица

Далее следует указать прокат и сортамент стали. Для матрицы в качестве заготовки используется горячекатаный калиброванный прокат квадратного профиля (по ГОСТ 2591-88). КОМПАС-Автопроект предоставляет возможность поиска по самым разнообразным параметрам. Произведем поиск сортамента по номеру ГОСТа на сортамент (рисунок 156).



Рисунок 156 – Поиск проката по номеру ГОСТа

Результат поиска представлен на рисунке 157. Указываем типоразмер (сторона квадрата) сортамента проката (рисунок 158).

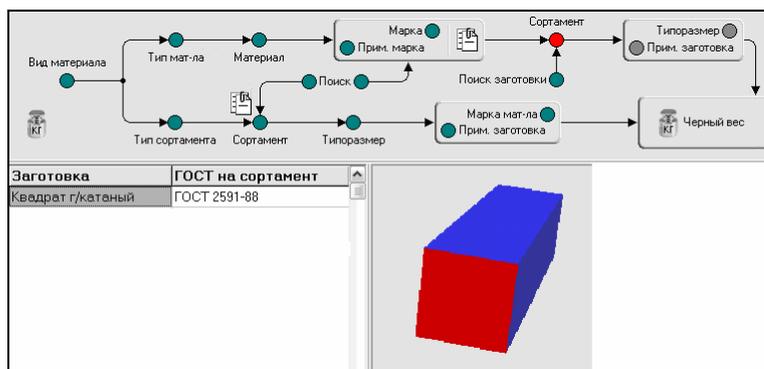


Рисунок 157 – Результаты поиска проката по ГОСТу на сортамент

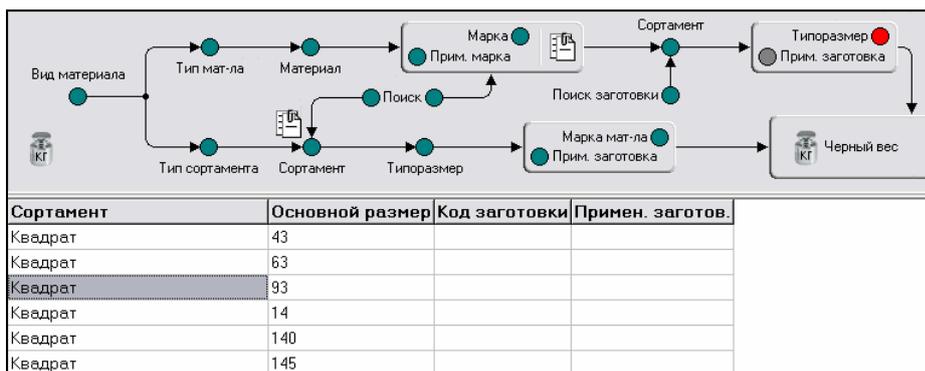


Рисунок 158 – Указание типоразмера сортамента

Наконец, все необходимые данные для определения массы заготовки указаны, и можно произвести расчет. В пустые ячейки диалогового окна «Расчет черного веса» (рисунок 159) заносим величину массы детали (чистый вес – 10,133кг) и длину заготовки ( $L = 340$ мм). Нажимаем кнопку «Расчет». Система рассчитывает параметры заготовки, значения которых выводятся в ячейки этого же окна.

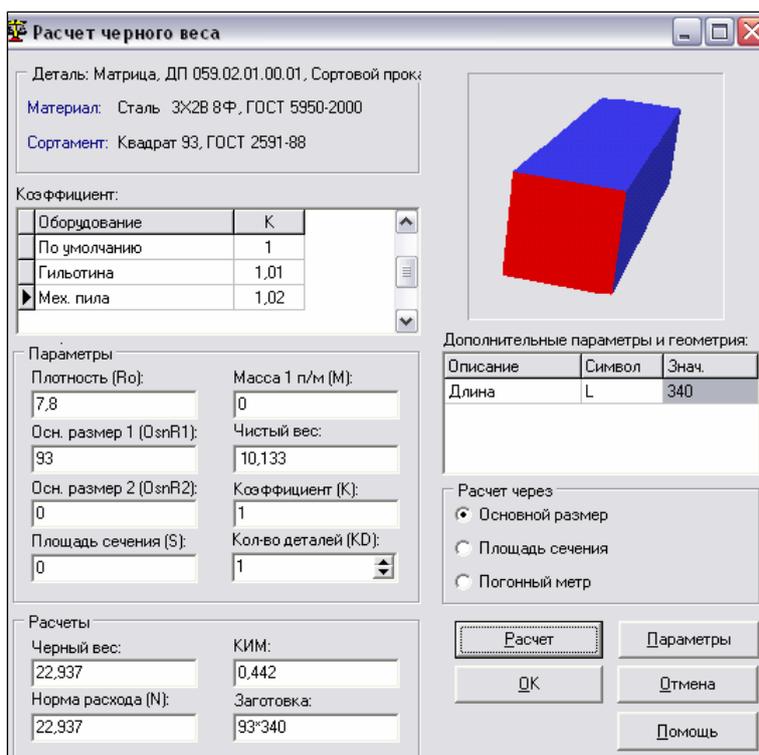


Рисунок 159 – Расчет массы заготовки

Функцию расчета «черного веса» можно использовать для выбора оптимального размера заготовки, путем сравнения различных вариантов. Так, при сопоставлении двух заготовок из сортового проката различного типоразмера (рисунок 160), получаем, что при одинаковой длине заготовка имеет наименьший вес и наибольший коэффициент использования материала, если она из проката со стороной квадрата 90мм. В связи с этим, для получения заготовки применяем сортовой квадратный горячекатаный прокат типоразмера 90мм.



Рисунок 160 – Масса заготовки в случае применения различных типоразмеров сортамента проката

Продолжаем ввод данных детали. Используя справочник, указываем способ дополнительной обработки детали (рисунок 161).



Рисунок 161 – Выбор способа дополнительной обработки детали

На рисунке 162 представлено диалоговое окно, в ячейках которого размещена вся имеющаяся информация о детали. После нажатия кнопки «Применить» эти данные будут занесены в КТС матрицы (рисунок 163).

Выборка	
Формат	A2x3
Зона	
Позиция	1
Обозначение	ДП 059.02.01.00.01
Наименование детали	Матрица
Количество	1
Примечание	Мамонтова М.В._МТ-56
Вид детали	A
Код детали	
Обозначения тех.док.	МОК
Чистый вес (кг)	10,133
Марка материала	Сталь 3Х2В8Ф
ГОСТ на материал	ГОСТ 5950-2000
Вид заготовки	Прокат
Сортамент	Квадрат
Разм. заготовки	90*340
Основной размер	90
ГОСТ на сортамент	ГОСТ 2591-88
Код материала	
КД	
КЗ	
Черный вес (кг)	21,481
Вид доп.обработки	отжиг
Длина детали (мм)	340
Диаметр (Ширина) мм	86
Высота детали (мм)	70
Норма	21,481
ЕН	
КИМ	0,472
Номер цеха	
Цеха	инструментальное производство

Рисунок 162 – Имеющиеся данные о детали

The screenshot shows the KTS interface with a flowchart and a table. The flowchart includes nodes for 'Сб. единицы', 'Материалы', 'Документация', 'Комплексы', 'Комплекты', 'Файлы', 'ДСЕ', 'Операции', 'Переходы', 'Применяемость', 'Проч. изделия', 'Ст. изделия', 'Детали', 'Спецификация', 'Выборки', 'Сборки', and 'Проекты'. Below the flowchart is a table with the following data:

Формат	Пози	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание	Вид	Цеха
A2x3	1	ДП 059.02.01.00.01	Матрица	1	Мамонтова М.В._МТ-56	A	инструментальное производство

Рисунок 163 – Данные, содержащиеся в КТС детали

### 1.4.2.3 Добавление документа чертежа в спецификацию детали

Переходим на вершину «Файлы» графа БД. При вызове команды «Редактирование записей» открывается окно «Редактирование маршрутов» (рисунок 164), в которое система автоматически заносит данные о детали. Нажатием кнопки «Добавить файл» вызываем окно оглавления, где отмечаем тип добавляемого документа (рисунок 165). В дереве системного каталога указываем путь к файлу чертежа матрицы, построенного средствами КОМПАС-3D, прикрепляем этот файл, после чего в дереве маршрута (рисунок 166) появится ответвление «Чертеж детали».

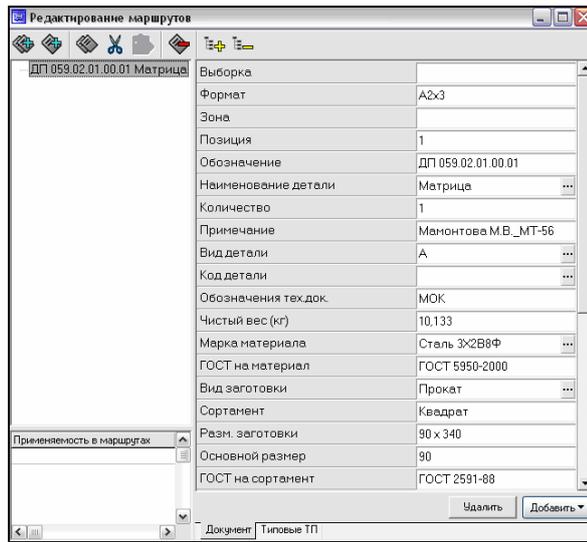


Рисунок 164 – Данные о детали, автоматически переданные системой из спецификации в маршрут обработки

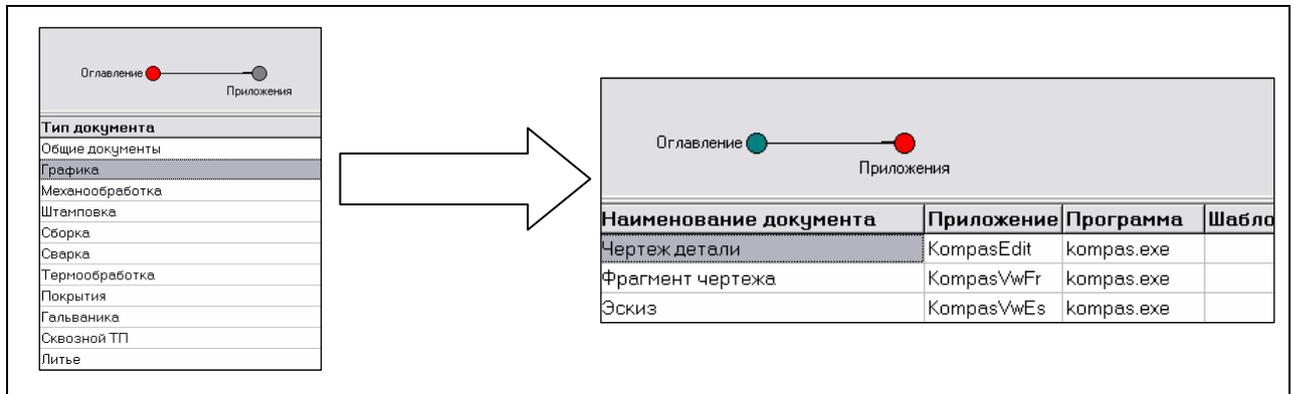


Рисунок 165 – Задание типа прикрепляемого документа

В то же время в окне основного режима КТС отображается строка с данными о файле чертежа (рисунок 167). При необходимости из этого окна легко можно открыть чертеж для просмотра или редактирования, дважды нажав на строке с именем файла и подтвердив запуск системы КОМПАС-3D.

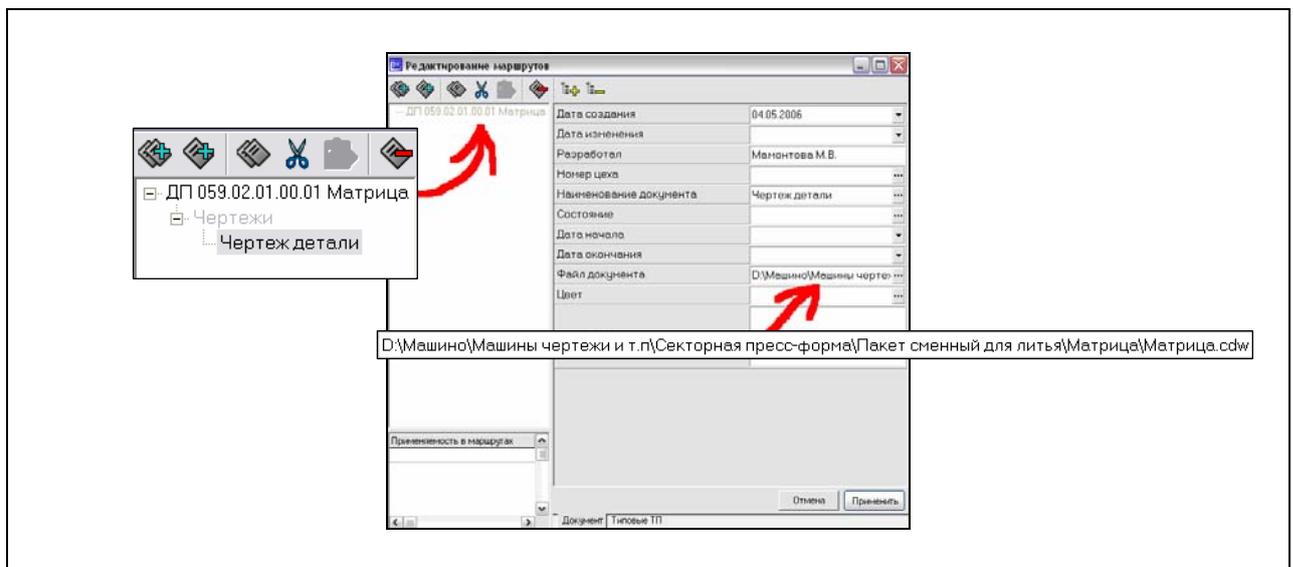


Рисунок 166 – К документу прикреплен файл чертежа детали

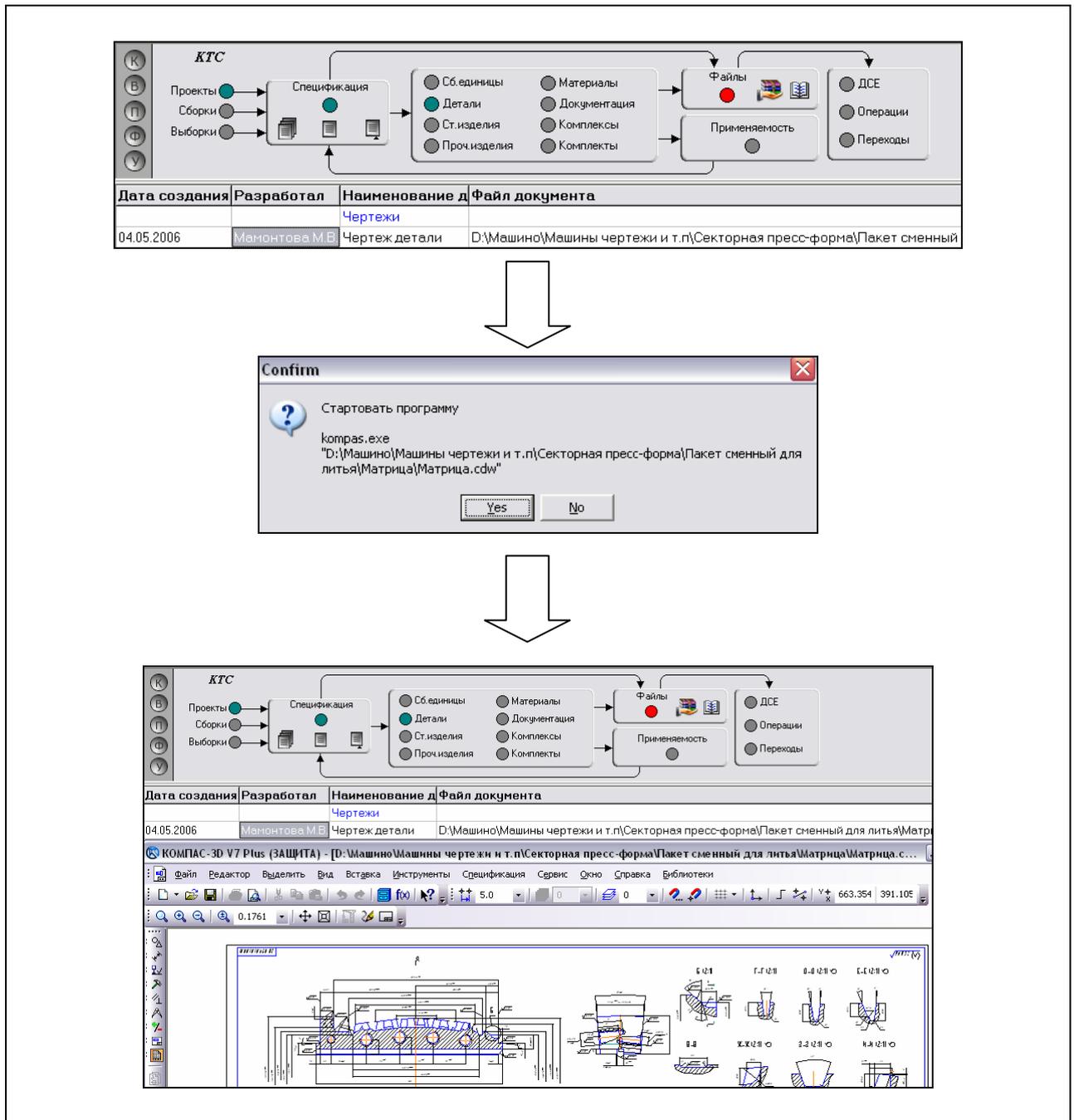


Рисунок 167 – Открытие документа чертежа в КОМПАС-3D из окна КОМПАС-Автопроект

#### 1.4.2.4 Оформление маршрутно-операционной карты ТП механообработки матрицы

Аналогично добавлению документа чертежа детали прикрепляем и архивный файл технологии механообработки (рисунок 168). Открываем добавленный документ. В появившемся окне архиватора ставим галочку напротив действия «Очистить технологию» и нажимаем кнопку «Загрузка в текущую технологию».

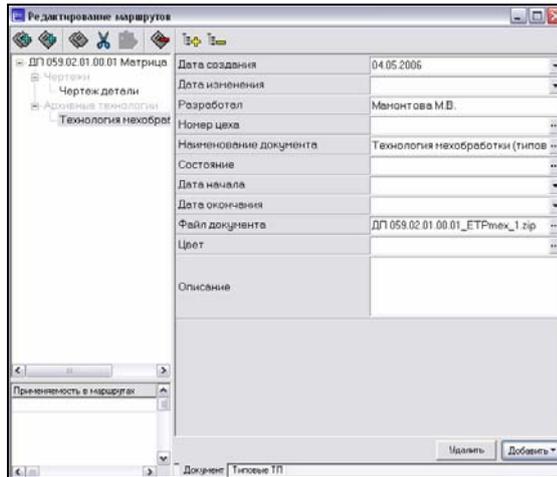


Рисунок 168 – Добавление архивного файла технологии

Происходит автоматическая загрузка приложения «Автопроект-Технология», в окне которого присутствует запись о новой спецификации детали матрицы (рисунок 169).

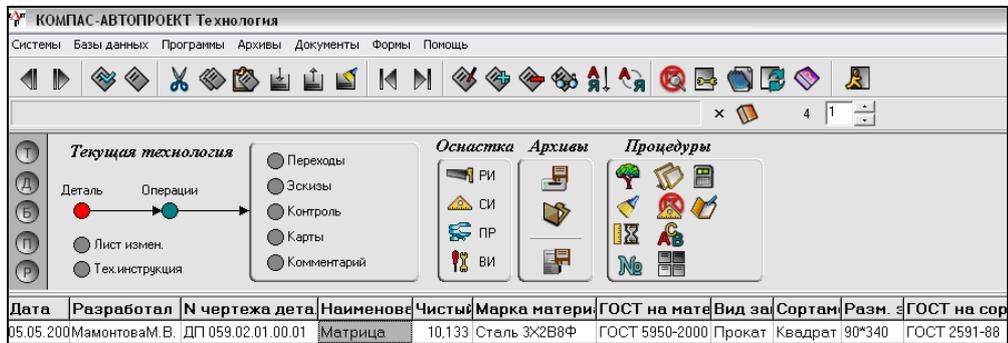


Рисунок 169 – Запись о детали в окне приложения Автопроект-Технология

Переходим к вершине графа «Операции». В открывшемся диалоговом окне «Редактирование записи» заносим данные по каждой операции ТП (рисунок 170), используя справочники способов обработки, кодов операций и профессий, технологического оборудования, режущего, вспомогательного и контрольного инструмента, технико-экономических норм времени. Таким же образом, если операция многопереходная, вводим информацию и о переходах (рисунок 171).

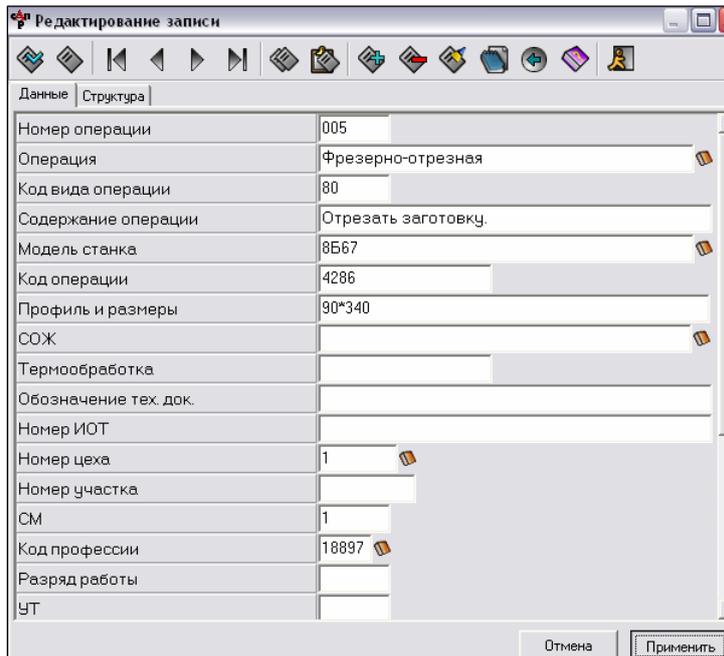


Рисунок 170 – Ввод данных об одной из операций ТП

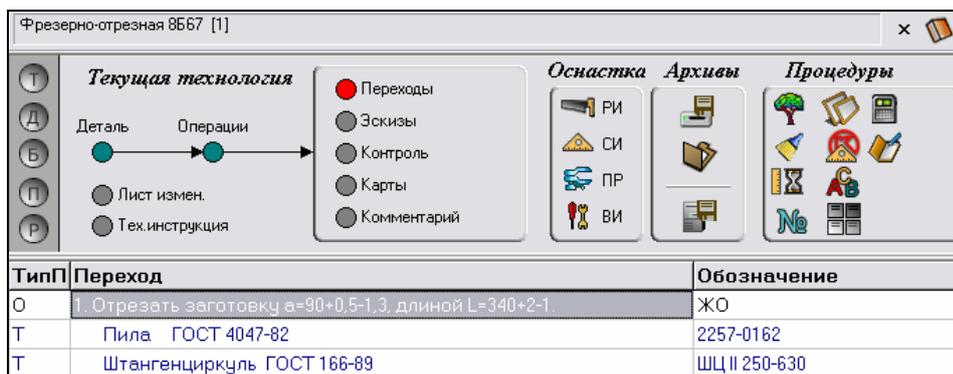


Рисунок 171 – Ввод содержания перехода операции ТП

Для автоматического ввода информации об инструменте, применяемом при выполнении того или иного перехода, воспользуемся справочником (рисунок 172).

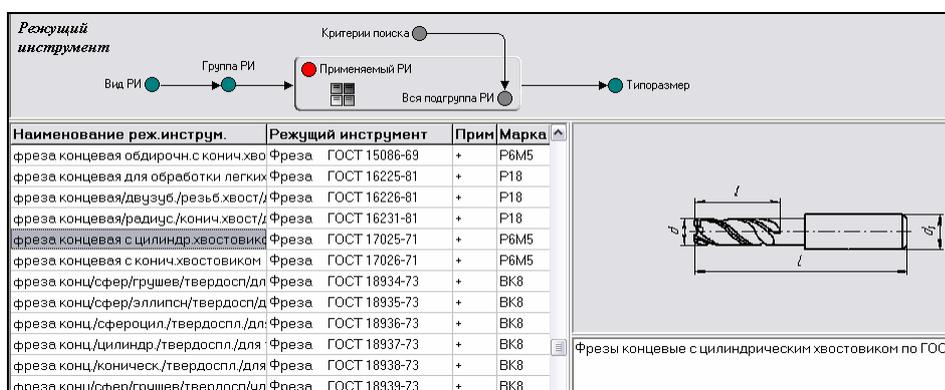


Рисунок 172 – Выбор режущего инструмента из справочника КОМПАС-Автопроект

Для просмотра созданной технологии нажимаем на кнопку «Показать дерево технологии», открывается окно со списком операций ТП (рисунок 173).

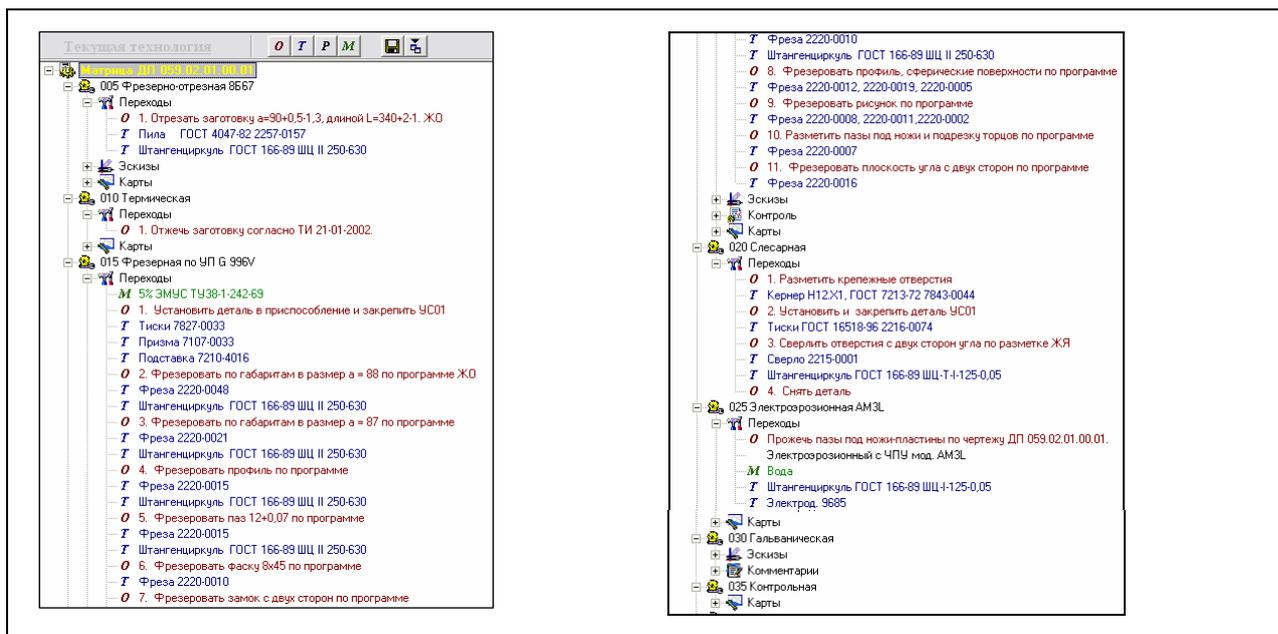


Рисунок 173 – Созданный ТП механообработки матрицы

 Для формирования бланка маршрутно-операционной карты со всеми введенными данными нажимаем кнопку «Формирование комплекта карт», запускается мастер формирования технологической документации (рисунок 174). Маршрутно-операционная карта формируется в программе Microsoft Excel и представлена в Приложении Б.

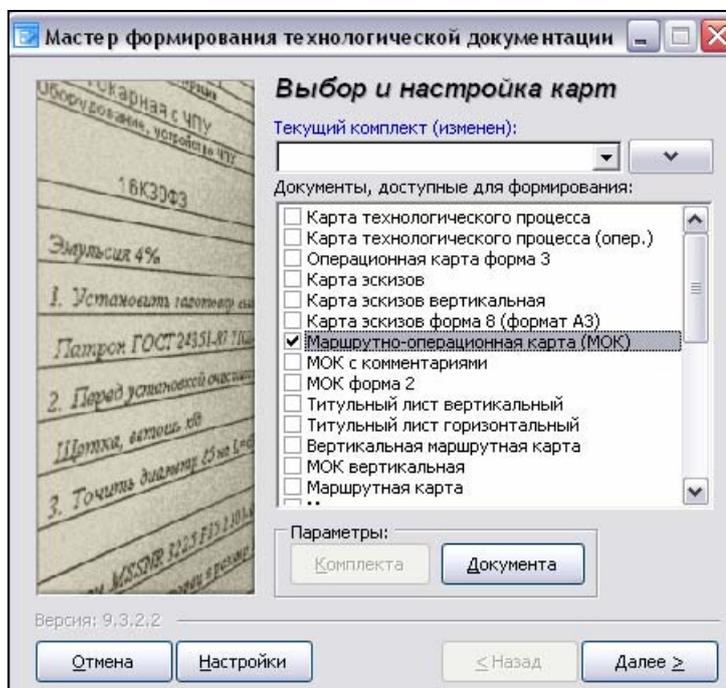


Рисунок 174 – Формирование файла маршрутно-операционной карты с помощью мастера техдокументации

## 1.5 Автоматизация ТПП с помощью PDM-систем

### 1.5.1 Характеристика PDM-системы ЛОЦМАН:PLM

Корпоративная система управления инженерными данными ЛОЦМАН:PLM – новейшая разработка компании «АСКОН». Она предназначена для хранения и обработки данных об инженерных проектах, а также управления процессами обмена производственной информацией в корпоративной информационной среде. Задачи, решаемые с помощью системы ЛОЦМАН:PLM, актуальны для большинства промышленных предприятий. Решение каждой из них последовательно приводит к конечной цели – созданию на предприятии комплексной автоматизированной системы управления.

Система ЛОЦМАН:PLM обеспечивает:

- управление информацией о структуре, вариантах конфигурации изделий и входимости компонентов в различные изделия;
- хранение технической документации на изделие;
- управление этой документацией;
- управление процессом разработки изделия.

Как ни странно, иногда не достигается полноценного эффекта от разрозненной автоматизации рабочих мест конструктора и технолога на промышленном предприятии. Причина кроется в том, что данное решение не меняет подход к процессу создания и подготовки производства изделия. Подход остается традиционным, последовательным.

Вывод: необходима организация взаимодействия на этапах конструкторско-технологического проектирования, которая приведет к уменьшению времени согласования между этапами, уменьшению количества возвратов полученных решений для дополнительной коррекции и, наконец, к переходу от последовательного метода выполнения этапов к параллельному. Это может быть осуществимым только при управлении информацией на всех этапах жизненного цикла изделия (концепция PLM). В данном случае конструкторы, технологи, снабженцы, экономисты и другие специалисты будут иметь возможность не только получать информацию об изделии, но также и дополнять ее, формируя состав изделия, который будет актуальным для разных служб предприятия. В дальнейшем, после изготовления продукции, информация о ней будет использована сервисными подразделениями для планового обслуживания, заказчиком – для конфигурирования готовой продукции под свои специфические потребности, а инженерным составом – при модернизации и изготовлении нового изделия на основе ранее спроектированного.

Налицо потребность современных крупных предприятий в применении системы управления инженерными данными и жизненным циклом изделия корпоративного уровня.

По данным ведущей консалтинговой фирмы CIMdata, Inc. применение PLM-системы дает предприятию следующие преимущества:

- сокращение сроков проведения изменений на 40%;
- сокращение сроков подготовки опытных образцов на 15–30%;
- сокращение времени подготовки производства на 40%;
- увеличение производительности в проектировании на 25%;
- уменьшение времени разработки изделия на 75%;
- уменьшение времени процессов согласования на 80%;
- значительное уменьшение времени поиска необходимой информации.

В связи с этим, на ОАО «ИФО» предлагается использовать PDM-систему ЛОЦМАН:PLM, разработанную фирмой АСКОН.

ЛОЦМАН:PLM содержит всю информацию, необходимую для проектирования, изготовления и эксплуатации продукции промышленного предприятия. На этапе подготовки производства система обеспечивает накопление данных о результатах конструкторско-технологического проектирования и обмен информацией между инженерными службами. Утвержденные данные и документация передаются в другие службы предприятия для материально-технического обеспечения, производства и эксплуатации выпускаемых изделий.

Система ЛОЦМАН:PLM обеспечивает:

- управление информацией о структуре, вариантах конфигурации изделий и входимости компонентов в различные изделия;
- хранение технической документации на изделие;
- управление этой документацией;
- управление процессом разработки изделия.

ЛОЦМАН:PLM реализует современную технологию хранения и доступа к информации и состоит из трех основных частей:

- сервер баз данных (Microsoft SQL Server и Oracle), являющийся единым хранилищем всей информации;
- сервер приложений, при помощи которого информация обрабатывается;
- клиентский модуль, с помощью которого пользователи получают доступ к требуемой информации.

Источником данных также выступают корпоративные БД, содержащие справочные данные о материалах и сортаментах, стандартных изделиях и т.д.

Система ЛОЦМАН:PLM имеет модульную структуру, т.е. обеспечивает работу специализированных модулей, решающих определенную задачу проектирования, в единой программной оболочке. Модули ЛОЦМАН:PLM подразделяются на:

- базовые, обеспечивающие основные функции ЛОЦМАН:PLM;
- дополнительные, используемые для расширения функционала ЛОЦМАН:PLM при решении специализированных задач.

Базовыми модулями ЛОЦМАН:PLM являются:

- ЛОЦМАН Конфигуратор;
- ЛОЦМАН Администратор;
- ЛОЦМАН Дизайнер форм;

- **ЛОЦМАН Клиент.**

Модули ЛОЦМАН Конфигуратор и ЛОЦМАН Администратор предназначены для организации работы и настройки ЛОЦМАН:PLM. Модуль ЛОЦМАН Дизайнер форм используется для создания пользовательских карточек атрибутов и управления ими. Модулем, обеспечивающим пользовательский доступ к данным и функциям системы в условиях коллективной работы, является ЛОЦМАН Клиент. Он использует следующие функции:

- Доступ к структуре изделий и документам системы, как то:
  - навигация по структуре;
  - работа с файлами;
  - поиск объектов БД по заданным условиям;
  - работа с выборками;
  - просмотр версий объектов и документов базы данных, существующих на данный момент времени и существовавших в прошлом;
  - формирование отчетов.
- Управление структурой изделий, документами и файлами.
- Интеграция с другими программными продуктами (Microsoft Office, AutoCAD, Cimatron, КОМПАС-3D, SolidWorks, Unigraphics, КОМПАС-Автопроект и др.).

Модуль *ЛОЦМАН Клиент* позволяет множеству пользователей одновременно работать с БД различного содержания. При этом обеспечивается сохранность информации на всех этапах доступа к данным.

Дополнительным модулем ЛОЦМАН:PLM является модуль *ЛОЦМАН:WorkFlow*, который дает возможность автоматизировать документооборот, а также описывать бизнес-процессы в инженерных службах предприятия и управлять этими бизнес-процессами.

### **1.5.2 Применение ЛОЦМАН:PLM для интеграции технической документации проекта**

Одна из важных функций ЛОЦМАН:PLM – ведение электронного архива. Его можно формировать как непосредственно во время разработки конструкторско-технологической документации на создаваемое изделие, так и путем образования комплектов из уже существующих документов.

Каждому документу могут быть сопоставлены файлы, созданные при помощи различных программ – Microsoft Office, AutoCAD, Cimatron и др., а также сканированные копии подлинников.

Информация о составе изделия, которая хранится в БД, отображается в клиентском приложении в виде дерева. Конструкторский состав изделия включает сборочные единицы, детали и применяемый инструмент.

В ЛОЦМАН:PLM существует модуль отчетов, с помощью которого можно формировать всевозможные ведомости (например, конструкторскую

спецификацию), осуществлять сводное материальное и трудовое нормирование и т.д. После завершения этапа проектирования конструкторско-технологическая документация сдается в архив, а изделие переходит в состояние «В производстве». Документы и объекты переводятся в состояние «Архивный» и становятся недоступными для изменений. Для того чтобы взять изделие на редактирование, необходимо получить разрешение на изменение. Такое разрешение соответствующим образом регистрируется и согласовывается с отвечающими за это специалистами. После оформления разрешения изделие или сборочная единица могут быть взяты из БД для редактирования.

Результатом каждого изменения состава изделия является создание его новой версии. Предыдущая же версия сохраняется в базе данных наряду с новой. Таким образом, фиксируется история создания данного изделия и его модернизации. При необходимости можно просмотреть каждую версию изделия, сборочной единицы или детали и получить информацию не только о содержании изменений, но и о причинах, а также о дате внесенного изменения.

Рассмотрим создание электронного архива документов на детали сборочного узла в системе ЛОЦМАН:PLM на примере пакета пресс-формы для литья вкладыша под давлением.

### 1.5.2.1 Создание нового пользователя

Входим в среду базового модуля ЛОЦМАН Администратор системы ЛОЦМАН:PLM. В дереве SQL Server (рисунок 175) отмечаем БД «ППФ\_ИФО». Вызываем контекстное меню пункта «Пользователи» (рисунок 176) и выбираем команду «Создать».

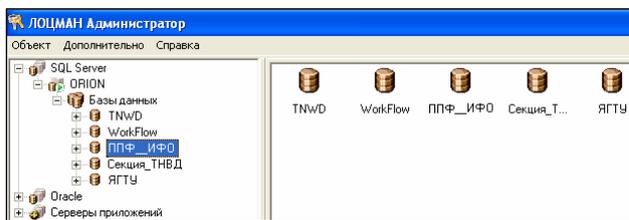


Рисунок 175 – Выбор БД в дереве модуля ЛОЦМАН Администратор

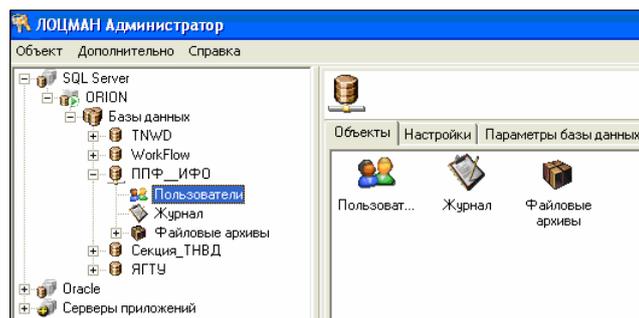


Рисунок 176 – Пункты БД «ППФ\_ИФО»

В открывшемся диалоговом окне (рисунок 177) вводим имя пользователя и пароль. После этого созданный пользователь будет внесен в список пользователей БД «ППФ\_ИФО» (рисунок 178).

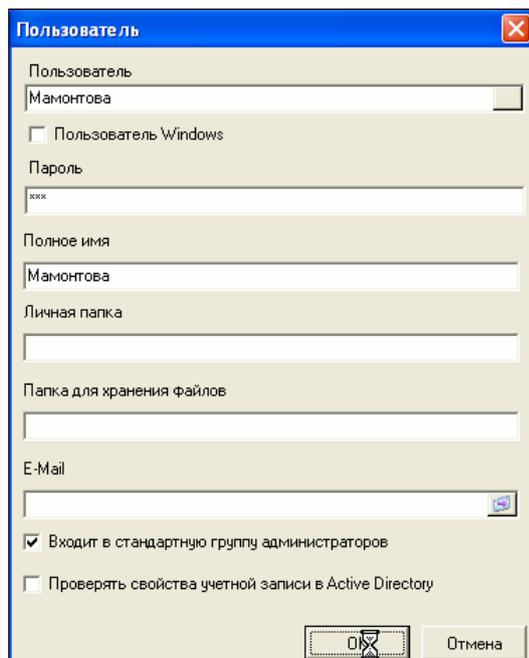


Рисунок 177 – Задание параметров нового пользователя

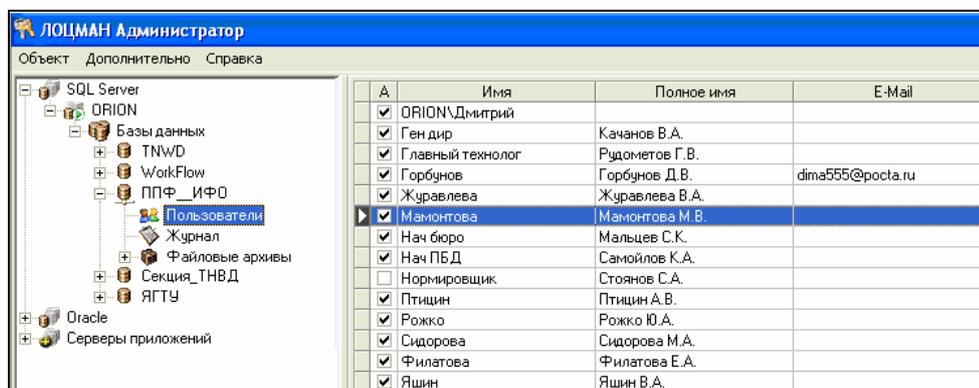


Рисунок 178 – Список пользователей БД «ППФ\_ИФО» с новым пользователем

### 1.5.2.2 Настройка подключения к БД

Запускаем базовый модуль ЛОЦМАН Клиент. При первом открытии БД «ППФ\_ИФО» новым пользователем необходимо произвести настройку подключений к БД. Для этого на рабочем столе системы ЛОЦМАН:PLM во вкладке «Базы данных» отмечаем БД «ППФ\_ИФО» (рисунок 179) и из контекстного меню открываем диалоговое окно выбора режима аутентификации (рисунок 180). Указываем способ соединения с БД, при котором предусмотрено использование имени и пароля, зарегистрированных на SQL Server. В итоге, в окне, содержащем список БД, для БД «ППФ\_ИФО» будут изменены режим аутентификации и учетная запись пользователя, от имени которого может открываться БД (рисунок 181).



Рисунок 179 – Выбор настройки подключений перед открытием БД

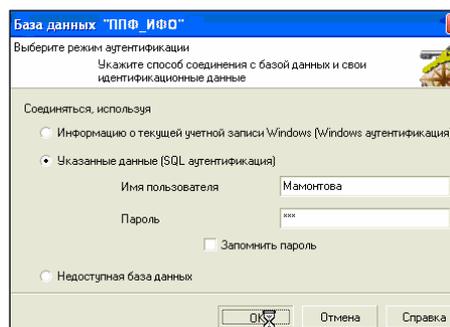


Рисунок 180 – Выбор режима аутентификации при настройке подключений

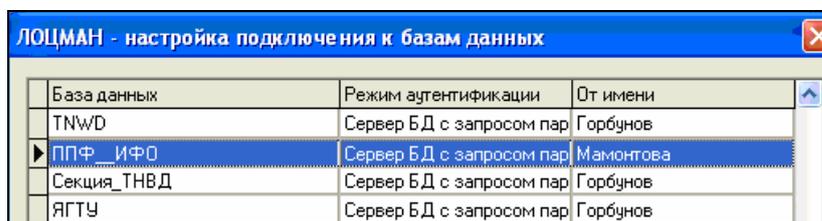


Рисунок 181 – Список зарегистрированных БД, где для каждой БД указаны режим аутентификации и учетная запись пользователя

### 1.5.2.3 Создание проекта

Для входа в БД «ППФ\_ИФО» из контекстного меню (см. рисунок 179) выбираем пункт «Открыть». Появляется рабочее окно БД «ППФ\_ИФО» (рисунок 182), предназначенное для отображения информации об объектах БД.

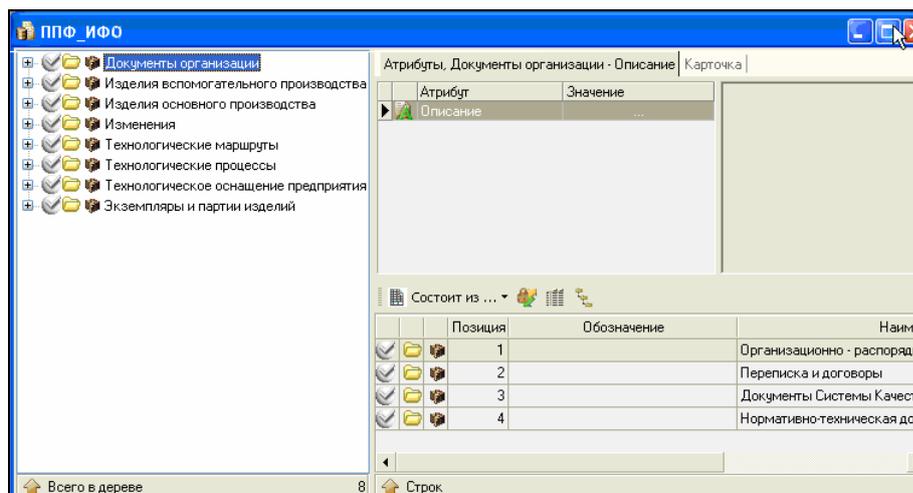


Рисунок 182 – Рабочее окно БД «ППФ\_ИФО»

В дереве БД «ППФ\_ИФО» (см. рисунок 182) отмечаем ветвь «Изделия основного производства», в контекстном меню которой выбираем пункт «В работу» для того, чтобы при создании проекта задействовать только данную ветвь БД. После этого можно открыть вкладку «В работе» рабочего стола

(см. рисунок 179), где содержится папка изделий основного производства. Здесь из контекстного меню вызываем команду «Создать». В открывшемся диалоговом окне «Создание объекта» (рисунок 183) выбираем тип объекта (Сборочная единица), вводим его обозначение (ДП 059.01.00.00.00 СБ), уточняем состояние объекта, а также указываем тип связи объектов. Заполняем поля карточки, соответствующей типу текущего объекта (рисунок 184).

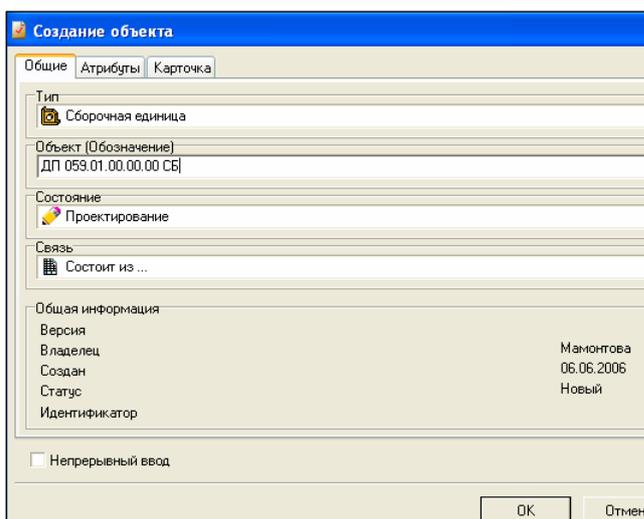


Рисунок 183 – Создание проекта

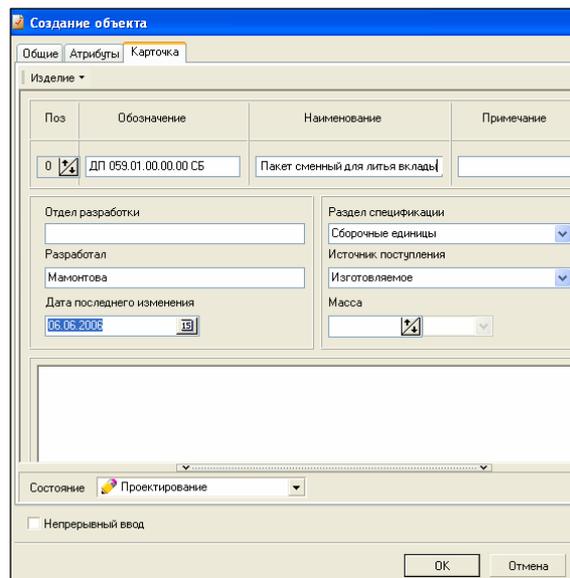


Рисунок 184 – Заполнение карточки объекта

Итак, в БД «ППФ\_ИФО» создан проект изделия основного производства – пакета пресс-формы для литья вкладыша под давлением (рисунок 185).

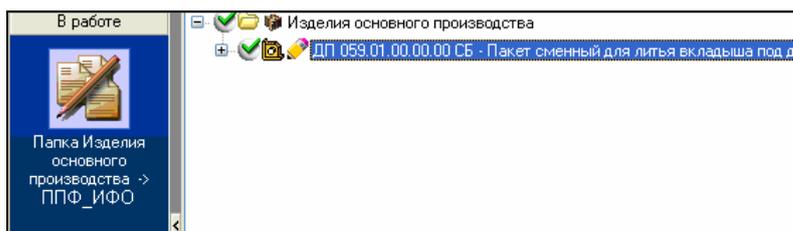


Рисунок 185 – Проект, созданный в папке изделий основного производства

#### 1.5.2.4 Создание объекта

Возвращаем папку изделия основного производства из состояния «В работе» путем выбора пункта «Вернуть» контекстного меню. Для внесения в созданный проект конструкторских изменений необходимо снова вернуть его в работу.

Создадим внутри нового проекта (см. рисунок 185) объект пакета пресс-формы для литья вкладыша под давлением. Для этого из контекстного меню вызываем команду «Создать», после чего открывается диалоговое окно «Создание объекта» (рисунок 186), в котором выбираем тип объекта (3D-

модель сборки пакета пресс-формы), вводим его обозначение (ДП 059.01.00.00.00 СБ), уточняем состояние объекта, а также указываем тип связи объектов. Также при создании нового документа выбираем прикладную программу-инструмент (КОМПАС-3D), при помощи которой можно работать с документом, и, наконец, указываем месторасположение файла КОМПАС-3D, содержащего модель собранной пресс-формы. Данный файл удобно получить путем транспортирования документа сборки, создание которого описано в пункте 1.3.5, из формата Cimatron E 5.10 в формат КОМПАС-3D V7 с помощью любого из доступных трансляторов.

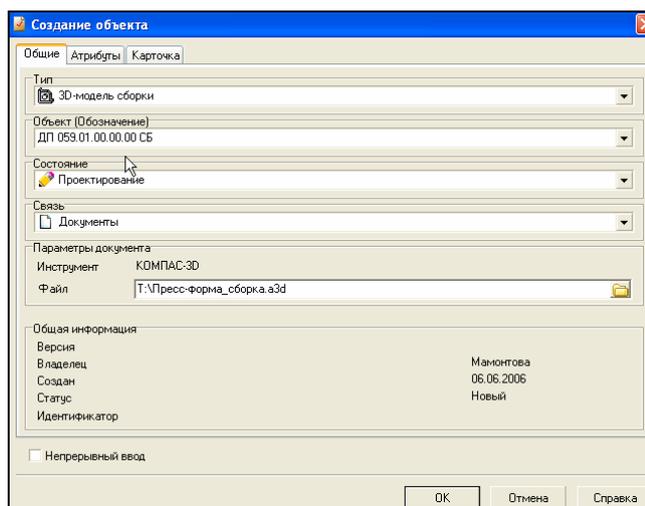


Рисунок 186 – Создание объекта

В окне системы можно просмотреть информацию об объекте (рисунок 187), а параметры инструментального файла документа, атрибуты и версии, данные, занесенные в карточку объекта.

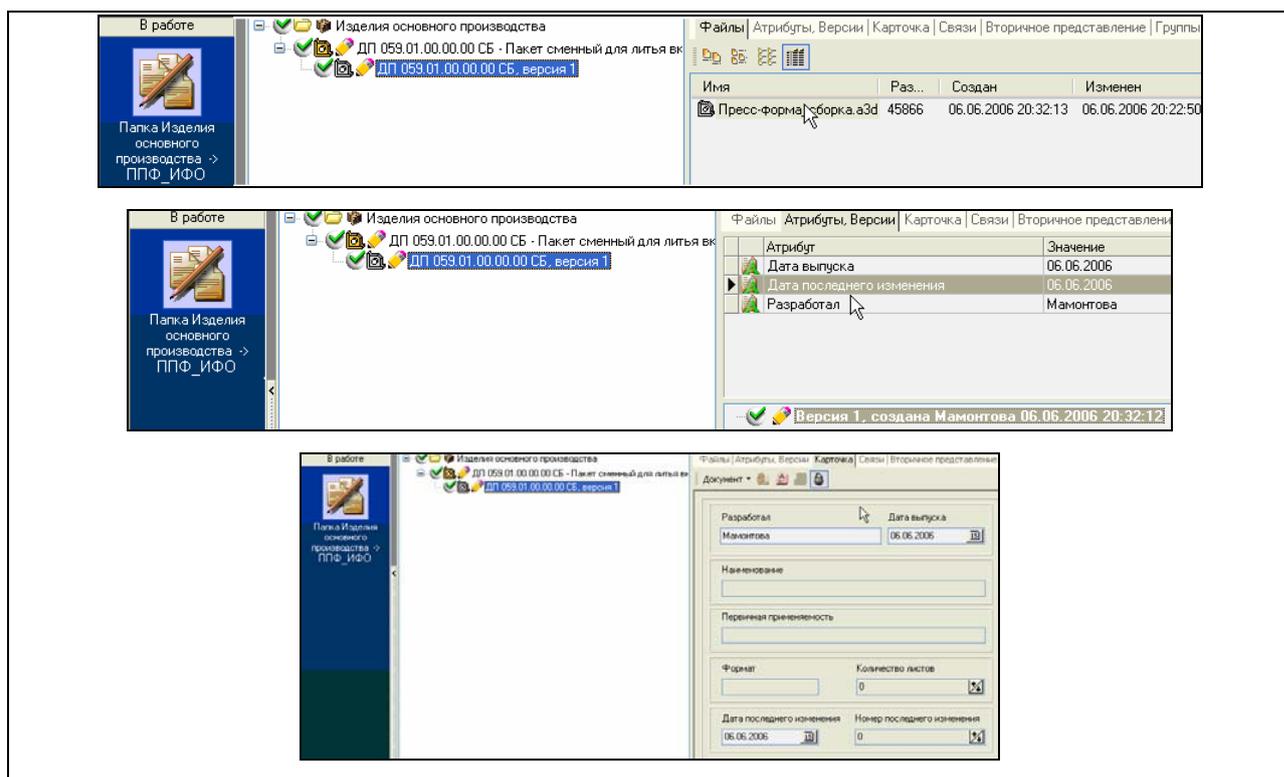


Рисунок 187 – Просмотр информации о созданном объекте

### 1.5.2.5 Получение информации из файла

В системе ЛОЦМАН:PLM возможно получение информации об объектах, атрибутах и связях файлов, созданных при помощи программы-инструмента (в нашем случае КОМПАС-3D). Для этого вызываем из контекстного меню инструментального файла команду «Получить информацию» (рисунок 188).

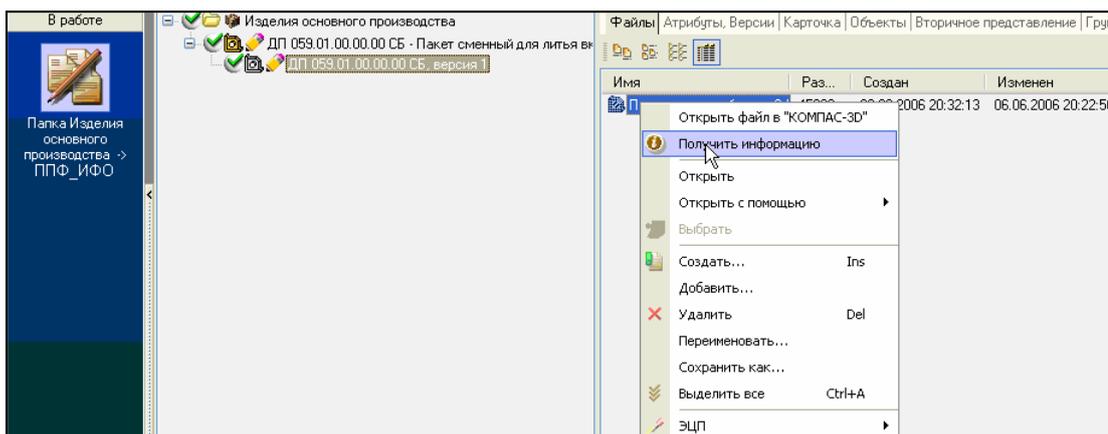


Рисунок 188 – Вызов команды получения информации об объекте пакета пресс-формы

Открывается диалоговое окно, в котором выбираем способ получения информации (рисунок 189). Для пополнения существующей информации об объекте новой, внесенной в документ, выбираем «Добавить».

Вторичное представление – это отображение содержимого файла, принадлежащего инструментальному документу. Поскольку возможно сформировать вторичное представление для всех документов, входящих в иерархию текущего объекта (в нашем случае 3D-моделей деталей сборного пакета пресс-формы), выбираем вариант действия с вторичным представлением документа «Формировать для всех документов» (см. рисунок 189).

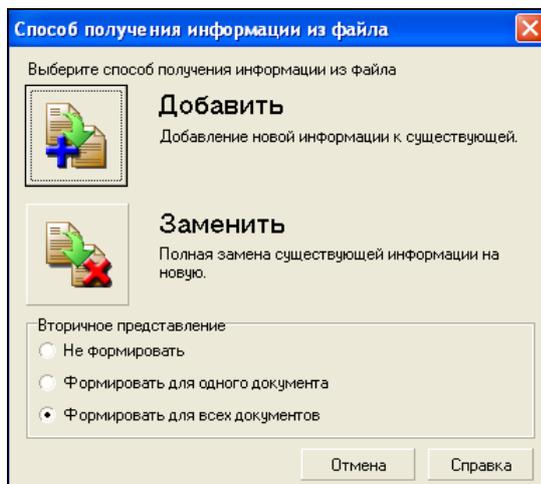


Рисунок 189 – Выбор способа получения информации из файла сборки пакета пресс-формы

После задания параметров получения информации из файла, запускается модуль ЛОЦМАН-Интегратор. Далее активизируется КОМПАС-

3D, в рабочем окне которого открывается документ 3D-модели сборки пакета пресс-формы (рисунок 191). На основе информации, полученной из данного файла и переданной в ЛОЦМАН:PLM, сформируется вторичное представление файла. В итоге получаем дерево проекта (рисунок 190) с автоматически созданными системой объектами деталей пресс-формы, причем к каждому объекту присоединен соответствующий файл 3D-модели.

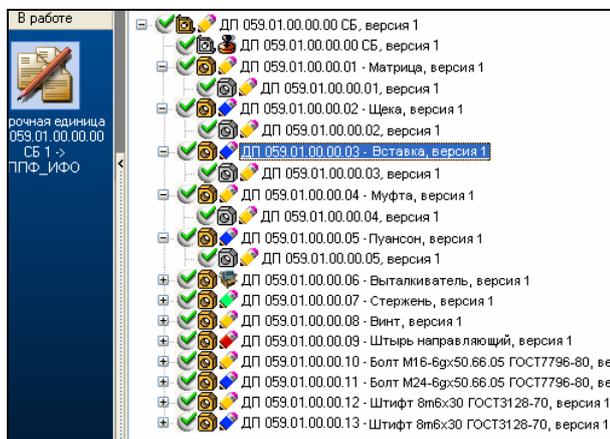


Рисунок 190 – Дерево проекта с вложенными объектами и прикрепленными документами 3D-моделей деталей

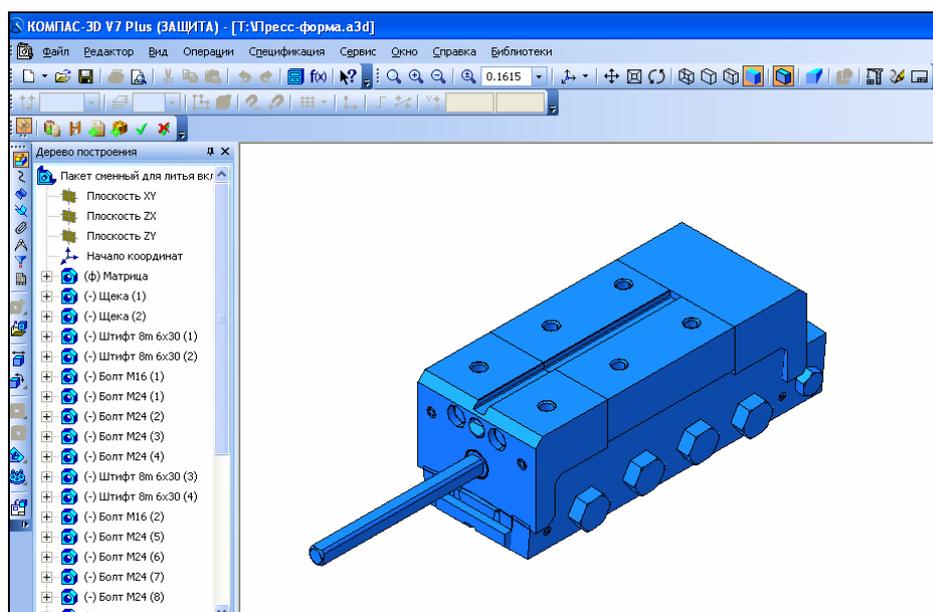


Рисунок 191 – Документ 3D-модели сборки пакета пресс-формы

### 1.5.2.6 Создание спецификации изделия

К каждому объекту в дереве проекта пакета пресс-формы помимо документа 3D-модели необходимо прикрепить документ чертежа (за исключением стандартных деталей). Например, для того чтобы создать объект чертежа внутри объекта «Вставка», из контекстного меню вызываем команду «Создать», после чего открывается диалоговое окно «Создание объекта» (рисунок 192), в котором выбираем тип объекта (Чертеж детали), вводим его обозначение (ДП 059.02.01.00.01), уточняем состояние объекта, а

также указываем тип связи объектов. Также при создании нового документа выбираем прикладную программу-инструмент (КОМПАС-График), при помощи которой можно работать с документом, и, наконец, указываем месторасположение файла документа.

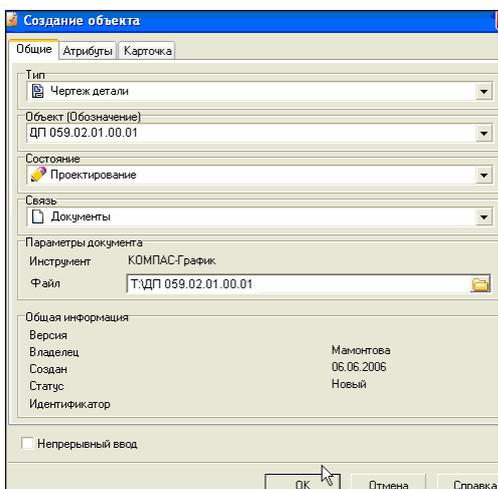


Рисунок 192 – Создание объекта чертежа детали матрица

Таким же образом создаем объекты чертежей для каждой детали пресс-формы (за исключением стандартных). В итоге дерево проекта примет вид, представленный на рисунке 193.

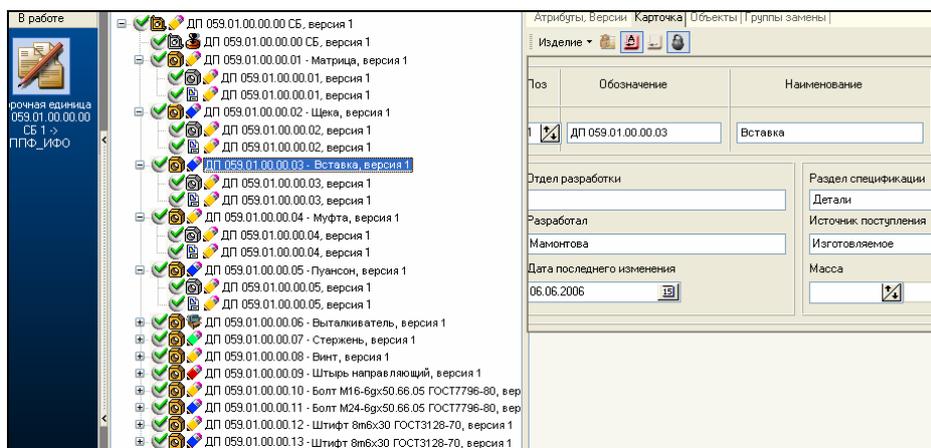
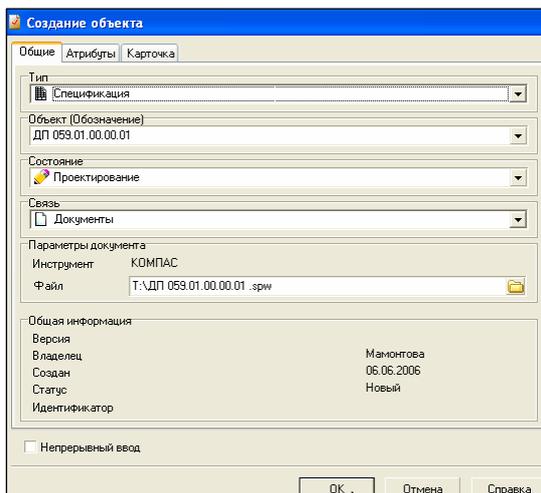


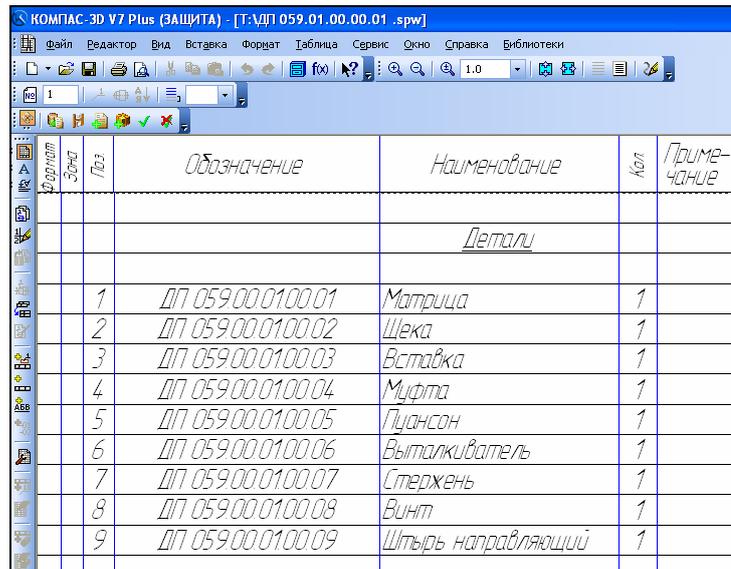
Рисунок 193 – Дерево проекта пакета пресс-формы, в котором содержатся объекты деталей, 3D-моделей деталей и чертежей



Аналогичным образом создаем объект спецификации проекта (рисунок 194).

Рисунок 194 – Создание объекта спецификации проекта пакета пресс-формы

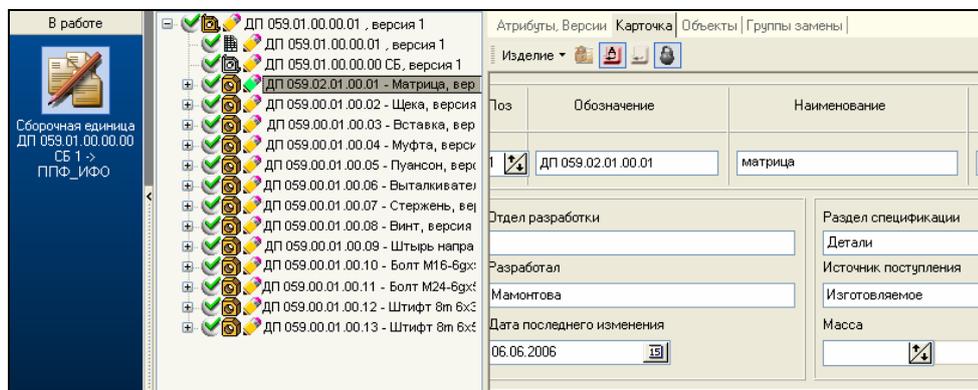
По окончании операции система автоматически произведет запуск программы-инструмента КОМПАС и сформирует документ спецификации пакета пресс-формы (рисунок 195).



Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
		<i>Детали</i>		
1	ДП 059.00.0100.01	Матрица	1	
2	ДП 059.00.0100.02	Щека	1	
3	ДП 059.00.0100.03	Вставка	1	
4	ДП 059.00.0100.04	Муфта	1	
5	ДП 059.00.0100.05	Пуансон	1	
6	ДП 059.00.0100.06	Выталкиватель	1	
7	ДП 059.00.0100.07	Стержень	1	
8	ДП 059.00.0100.08	Винт	1	
9	ДП 059.00.0100.09	Штырь направляющий	1	

Рисунок 195 – Документ спецификации, автоматически созданный средствами ЛОЦМАН:PLM

На рисунке 196 показан пример заполнения карточки объекта «Матрица».



Поз	Обозначение	Наименование
1	ДП 059.02.01.00.01	матрица

Отдел разработки

Разработал

Мамонтова

Дата последнего изменения

06.06.2006

Раздел спецификации

Детали

Источник поступления

Изготавливаемое

Масса

Рисунок 196 – Заполнение карточки объекта

## 2 Раздел технологического проектирования

### 2.1 Анализ исходных данных для разработки ТП изготовления детали

#### 2.1.1 Служебное назначение и конструкция детали

Матрица является формообразующей деталью оснастки для отливки вкладыша под давлением. Вкладыш – это одна из деталей секторной пресс-формы для вулканизации покрышек.

В качестве материала для изготовления детали взята инструментальная легированная сталь марки 3Х2В8Ф ТУ 14-1-5243-93, химический состав которой приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Химический состав стали 3Х2В8Ф (ТУ 14-1-5243-93), массовой доли %

C	Si	Mn	Cr	W	V
0,30...0,40	0,15...0,35	0,15...0,40	2,20...3,00	7,50...8,50	0,60...0,90

Назначение данной марки стали для резьбо- и зубонакатного инструмента, матриц и пуансонов.

Введение в состав стали хрома и ванадия повышает твердость и прочность, увеличивает прокаливаемость. Вольфрам значительно повышает прочность при высоких температурах, что особенно важно для деталей литейной оснастки. Хром задерживает рост зерна стали, что способствует образованию мелкозернистой структуры и, следовательно, повышению физико-механических свойств. При введении в состав стали ванадия и вольфрама значительно уменьшается склонность ее к перегреву. Механические свойства стали: предел текучести  $\sigma_T = 170$  МПа, относительное удлинение  $\delta = 22$  %, твердость НВ 217.

Термообработка детали на заготовительной стадии: режим смягчающего отпуска при температуре нагрева 750-780°C. Применяемый вид термообработки способствует улучшению обрабатываемости резанием.

Основными конструкторскими базами матрицы являются нижняя поверхность, поверхность паза  $12^{+0,07}$ , по которому матрица центрируется на столе пресса, а также поверхности торцевых уступов высотой  $20_{-0,1}$ , по которым матрица зажимается в приспособлении. К параметрам данных поверхностей предъявляются следующие нормы точности и технические требования:

- шероховатость поверхности паза  $Ra = 2,5$ ;
- шероховатость поверхностей уступов  $Ra = 1,25$ ;

- допуск ширины паза  $+0,07$  мм;
- допуск высоты уступов  $(-0,1)$  мм;
- предельные отклонения углового размера уступов  $\pm 10^\circ$ .

Вспомогательной конструкторской базой матрицы является поверхности замка, в который упираются торец пуансона и торец вставки собранной литевой пресс-формы. К поверхностям замка матрицы предъявляются следующие нормы точности и технические требования:

- шероховатость  $Ra = 1,25$ ;
- предельные отклонения  $H11, h11, \pm IT11/2$ ;
- предельные отклонения угловых размеров  $\pm 10^\circ$ .

Поскольку стык поверхностей замка и торцов пуансона и вставки неподвижный, требования к шероховатости торцов обоснованы, [6, с.272, табл. 13].

В качестве исполнительных поверхностей выступают поверхности протекторной зоны матрицы, которые формируют при литье рисунок вкладыша. К параметрам поверхности протекторной зоны матрицы предъявляются следующие нормы точности и технические требования:

- шероховатость  $Ra = 0,32$ ;
- предельные отклонения  $H11, h11, \pm IT11/2$ .

### 2.1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Производим качественную оценку технологичности конструкции матрицы. Используемая для изготовления детали марка стали приемлема с точки зрения условий работы и конструкции детали, поскольку матрица применяется для литья под давлением, где неизбежны высокие температуры.

При анализе конструктивных особенностей детали можно отметить обилие сложных форм, обработка которых может быть затруднительной. Получение некоторых элементов матрицы вследствие их небольшого размера (например, щелевые отверстия под ножевые элементы) невозможно с помощью стандартного режущего инструмента. В основном деталь имеет криволинейные внутренние и наружные поверхности, что позволяет сделать вывод о невысокой технологичности ее с точки зрения механической обработки.

### 2.1.3 Выбор типа производства

На основании исходных данных определяем тип производства.

Поскольку при проектных работах тип производства трудно определить, предположительно примем по ГОСТ 3.1119-83 производство мелкосерийным, тогда коэффициент закрепления операций  $K_{ci}$  находится в

пределах  $20 \div 40$ , а его конкретная величина определяется по методике работы [7, с. 52 – 53, формулы 4.1 – 4.9]. По данным работы [7, с.52, формула 4.1] коэффициент закрепления операций для всех разновидностей серийного производства определяется выражением:

$$K_{\text{зг}} = \frac{\sum \dot{I}_{oi}}{\sum P_i},$$

где  $\sum \dot{I}_{oi}$  – суммарное число различных операций за месяц по участку из расчета на одного сменного мастера;  $\sum P_i$  – явочное число рабочих участка, выполняющих различные операции при работе в одну смену.

Определим  $K_{\text{зг}}$  и тип производства для разрабатываемого технологического процесса, учитывая, что:

- годовая программа  $N_{\dot{A}}$  выпуска матрицы составляет 50 шт., следовательно, месячная программа выпуска заданной детали при работе в одну смену  $N_M = N_{\dot{A}}/24 = 50/24 = 2$  шт.;
- действительный годовой фонд времени  $F_{\dot{A}}$  работы оборудования составляет 4055 часа, соответственно месячный фонд времени работы оборудования в одну смену  $F_M = 4055/24 = 169$  ч.;
- планируемый нормативный коэффициент загрузки станка всеми закрепленными за ним однотипными операциями  $\eta_H = 0,6$  (для мелкосерийного производства).

Число однотипных операций, выполняемых в течение месяца на одном станке, [14, с.53, формула 4.5]:

$$P_{oi} = \frac{13182 \eta_H}{T_{\text{ш.-к}} N_M} = \frac{13182 \cdot 0,6}{T_{\text{ш.-к}} \cdot 2} = \frac{3954,6}{T_{\text{ш.-к}}}.$$

Рассчитаем данную величину для каждого станка, учитывая штучно-калькуляционное время на выполнение операции на соответствующем станке. Тогда общее число операций, выполняемых на участке в течение одного месяца:

$$\sum P_{oi} = 118,7.$$

Число рабочих, обслуживающих каждый станок в отдельности (при работе в отдельности), [7, с.53, формула 4.8]:

$$P_i = 0,96 \eta_H = 0,96 \cdot 0,6 = 0,576.$$

Явочное число рабочих на участке (при работе в одну смену), [7, с.49, формула 4.9]:

$$\sum P_i = 15 \cdot 0,576 = 8,64.$$

Коэффициент закрепления операций:

$$K_{\text{зо}} = \frac{\sum P_{oi}}{\sum P_i} = \frac{302,7}{8,64} = 35.$$

Производство мелкосерийное.

## 2.2 Анализ базового ТП изготовления детали

Анализ существующего (базового) варианта ТП обработки матрицы производится с точки зрения обеспечения заданного качества детали и производительности обработки.

Существующий маршрутный ТП механической обработки матрицы приведен в таблице 3.

Технологические базы в существующем процессе выбраны правильно с соблюдением принципов единства или постоянства баз.

Принятую в данном ТП последовательность обработки следует принять логически целесообразной, так как при этом соблюдаются принципы постепенности формирования свойств обрабатываемой детали, а также обеспечивается точность размеров, заданная чертежом.

Анализ приведенных сведений показывает, что станки, используемые на всех операциях, по габаритным размерам обрабатываемой заготовки, достигаемой точности и шероховатости поверхностей соответствуют требуемым условиям обработки заданной детали. Категория их ремонтной сложности (за исключением станков АМЗЛ и 24КОСФ4) невысокая. Физическое состояние станков, находящихся на участке механообработки, удовлетворительное, на участке электроэрозионной обработки – хорошее.

Степень оснащённости операций станочными приспособлениями, режущими и вспомогательными инструментами соответствует требованиям оборудования, на котором они применяются.

Существующий технологический процесс механической обработки имеет много однотипных операций, которые выполняются на универсальном оборудовании с ручной передачей заготовок со станка на станок.

Коэффициент загрузки станков высокий, что обеспечивается благодаря широкой номенклатуре изделий, изготавливаемых на ОАО «ИФО».

В связи с обилием операций фрезерования, выполняемых поэтапно на вертикально-фрезерных станках моделей 6М13П, 3Д711 и 24КОСФ4, возможна автоматизация данных операций. Предварительную, чистовую и окончательную фрезерную обработку можно осуществить на одном обрабатывающем центре. Такого рода оборудование обладает широкими возможностями, кроме того, выполняя фрезерование на обрабатывающем центре, можно без труда добиться высокого качества обработанных поверхностей. В связи с этим предлагается полностью отказаться от шлифовальных и слесарных операций и осуществлять обработку всей детали (за исключением электроэрозионной) фрезерованием на обрабатывающем центре.

Таблица 3 – Существующий маршрутный ТП механической обработки матрицы

Номер и наименование операции	Краткое содержание операции и принятые технологические базы	Применяемое оборудование
005 заготовительная	Отрезать заготовку	-
010 термическая	Отжечь заготовку согласно ТИ 21-01-2002	-
015 фрезерная	Фрезеровать по габаритам в размер	вертикально-фрезерный модели 6М13П
020 шлифовальная	Шлифовать по габаритам в размер	плоскошлифовальный модели 3Б722
025 разметочная	Разметить профиль по шаблону и чертежу. Разметить паз 12 <sup>+0,07</sup> по чертежу	-
030 фрезерная	Фрезеровать профиль по разметке и чертежу. Фрезеровать паз 12 <sup>+0,07</sup> с припуском 0,5-0,6мм на размер на шлифование по разметке и чертежу. Фрезеровать замок с двух сторон, оставив припуск 0,5мм. Фрезеровать фаску 8x45° по чертежу. Фрезеровать паз 10x30x10 под прихваты	вертикально-фрезерный модели 6М13П
035 шлифовальная	Шлифовать замок с двух сторон, выдерживая размеры	плоскошлифовальный модели 3Б722
040 шлифовальная	Шлифовать паз 12 <sup>+0,07</sup> по чертежу	плоскошлифовальный модели 3Б722
045 фрезерная по УП	Разметить, фрезеровать технологические паза под прихваты. Фрезеровать контур, сферические поверхности предварительно и окончательно. Разметить рисунок, пазы под ножи. Фрезеровать рисунок по разметке и чертежу	вертикально-фрезерный с ЧПУ модели 24КОСФ4
050 слесарная	Зачистить, довести контур матрицы после фрезеровки. Обработать рисунок, выбрать радиусы и фаски в рабочей полости по шаблону	-
055 фрезерная	Фрезеровать одну плоскость угла с припуском 1-1,2мм для чистового фрезерования	вертикально-фрезерный модели 3Д711
060 расточная	Фрезеровать одну плоскость угла начисто	координатно-расточной модели 2А450
065 фрезерная	Фрезеровать вторую плоскость угла с припуском 1-1,2мм для чистового фрезерования	вертикально-фрезерный модели 3Д711
070 расточная	Фрезеровать вторую плоскость угла, выдерживая размер	координатно-расточной модели 2А450
075 слесарная	Разметить, сверлить крепежные отверстия при сборке. Нарезать резьбу, снять заусенцы	-
080 электроэрозионная	Прожечь пазы под ножи-пластины по разметке и чертежу	электроэрозионный модели АМ3L фирмы Sodick (Japan)
085 гальваническая	Оксидировать	-
090 контрольная	Выбор универсальных средств измерений линейных размеров контрольных операций по РД 50-98-86	-

В качестве оборудования для механической обработки матрицы предлагается высокоскоростной фрезерный обрабатывающий центр G 996V производства фирмы FIDIA (Италия). Обрабатывающий центр G 996V (рисунок 197) нацелен на высокоскоростное 5-координатное фрезерование деталей средней величины. На ОАО «ИФО» данным оборудованием оснащено производство пресс-форм покрышек. На нем производится фрезерная обработка как отдельных деталей, так и сборочных узлов пресс-форм покрышек, а также гравирование надписей. На рисунке 198 приведены пример гравирования надписи и вкладыши пресс-форм покрышек, полученные фрезерованием на обрабатывающем центре G 996V. В качестве САПР, с помощью которой будет осуществляться моделирование УП для обработки на данном оборудовании, предлагается применять САМ-систему PowerMILL V6, поскольку этот программный продукт нацелен на создание УП именно для 5-тикоординатного фрезерования. Расчет показателей экономической эффективности от внедрения PowerMILL V6 приведен в пункте 2.4.



Рисунок 197 – Общий вид высокоскоростного фрезерного обрабатывающего центра G 996

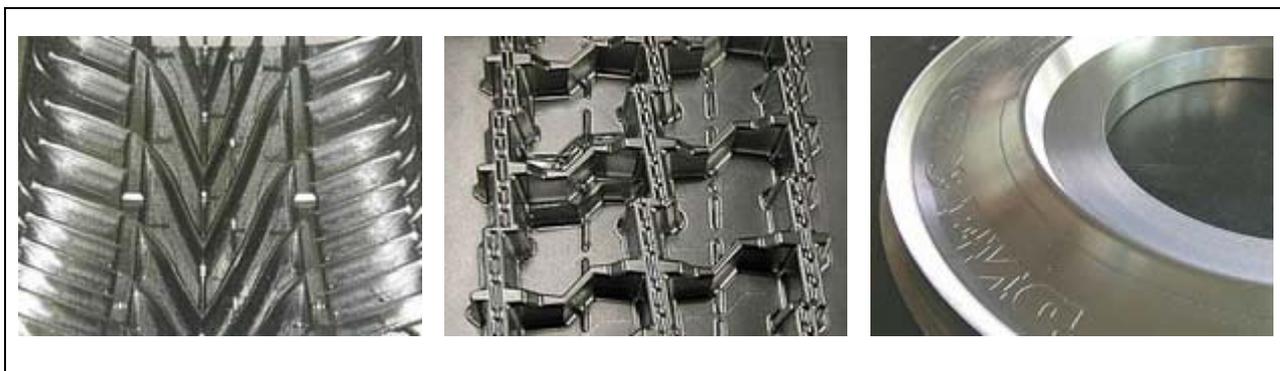


Рисунок 198 – Примеры фрезерной обработки на обрабатывающем центре G 996V

Технические характеристики обрабатывающего центра G 996V представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Технические характеристики обрабатывающего центра G 996V

Параметры	Величина
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ перемещения по осям координат, мм:               <ul style="list-style-type: none"> <li>– по X</li> <li>– по Y</li> <li>– по Z</li> </ul> </li> </ul>	850 950 600
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ скорость быстрого перемещения по осям координат, м/мин</li> </ul>	45
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ наибольшее ускорение, м/с<sup>2</sup></li> </ul>	10
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ привод главного движения               <ul style="list-style-type: none"> <li>– максимальная мощность, кВт</li> <li>– максимальный крутящий момент, Нм</li> <li>– максимальная частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup></li> <li>– револьверная головка</li> </ul> </li> </ul>	30 105 24000 HSK63A
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ поворотная фрезерная головка               <ul style="list-style-type: none"> <li>– размеры рабочего пространства, мм<sup>2</sup></li> <li>– поворот вокруг горизонтальной оси</li> <li>– поворотный шаг по горизонтальной оси</li> <li>– поворот вокруг вертикальной оси</li> <li>– поворотный шаг по вертикальной оси</li> <li>– максимальная частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup></li> <li>– мощность привода, кВт</li> <li>– револьверная головка</li> </ul> </li> </ul>	850×950 ± 110° непрерывный ± 360,1° непрерывный 32000 7,5 HSK40E
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ стол станка               <ul style="list-style-type: none"> <li>– размеры рабочей поверхности, мм<sup>2</sup></li> <li>– наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг</li> <li>– номер и размеры T-образного паза</li> </ul> </li> </ul>	1200×830 2000 №4+1(H7)×18мм шаг резьбы 160мм
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ поворотный стол               <ul style="list-style-type: none"> <li>– размеры рабочей поверхности, мм<sup>2</sup></li> <li>– наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм</li> <li>– поворот вокруг горизонтальной оси</li> <li>– поворот вокруг вертикальной оси</li> <li>– наибольшая масса обрабатываемой заготовки, кг</li> </ul> </li> </ul>	800×800 1000 -120°/+30° 360° 1200
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ вес станка, кг</li> </ul>	16000

Итак, предлагается внести в существующий ТП следующие изменения: **заменить 5 станков**, а именно вертикально-фрезерный модели 6М13П, плоскошлифовальный модели 3Б722, вертикально-фрезерный модели 3Д711, координатно-расточной модели 2А450 вертикально-фрезерный с ЧПУ модели 24КОСФ4 на один **высокоскоростной фрезерный обрабатывающий центр G 996V**.

## **2.3 Разработка технологического маршрута обработки**

### **2.3.1 Выбор технологических баз**

Как уже было отмечено в разделе 1.1 технологического проектирования, основной конструкторской базой матрицы являются нижняя поверхность, поверхности паза  $12^{+0,07}$  мм и торцевых уступов высотой  $20_{-0,1}$  мм. Таким образом, для выполнения принципа единства баз (совмещение конструкторской и технологической баз) необходимо, чтобы эти поверхности служили базами при механической обработке детали.

На первых операциях ТП (черновое фрезерование) производится обработка нижней поверхности заготовки с целью дальнейшего использования этой поверхности на последующих операциях в качестве технологической базы. За технологические (черновые) базы на первой операции принимаем необработанные верхнюю (установочная база) и торцовые (направляющая база) поверхности матрицы.

### **2.3.2 Выбор методов обработки**

Из чертежа готовой детали выбираем все обрабатываемые поверхности: плоские линейные, наружные сферические, внутренние цилиндрические (отверстия) и определяем необходимую точность их размеров и шероховатость поверхностей.

Все выявленные в результате анализа служебного назначения и чертежа матрицы размеры и технические требования по всем видам поверхностей представлены в таблице 5, где содержатся данные о технологическом процессе изготовления данной детали.

### **2.3.3 Технологический маршрут обработки**

Технологический маршрут обработки матрицы представлен на рисунке 172. Проверку правильности разработанного ТП и получаемую точность размеров производим по [8, с. 6-18, табл.1-10] с использованием таблиц экономической точности, на основании которых предполагается, что при обработке поверхностей основного контура и протекторной зоны матрицы применяется черновое, чистовое и окончательное фрезерование.

### 2.3.4 Выбор оборудования и технологической оснастки

В качестве оборудования для механической обработки матрицы предлагается: высокоскоростной фрезерный обрабатывающий центр G 996V, электроэрозионный станок модели AM3L.

В качестве режущего инструмента применяются фрезы различных конструктивных исполнений из различных инструментальных материалов, марки которых приводятся в операционных картах механической обработки. Принятый вариант маршрута обработки оформлен в маршрутной карте. При электроэрозионной обработке применяются медные электроды, чертеж которых представлен на рисунке 117.

### 2.3.5 Расчет межпереходных размеров и припусков на обработку

Расчет производится с целью определения минимальной величины припуска, удаляемого с поверхности заготовки на каждом технологическом переходе для достижения заданных свойств обрабатываемой поверхности детали. Расчет припусков и межпереходных размеров при обработке линейного размера 325мм матрицы производим средствами САПР КОП7 [15].

Подготовка исходных данных:

- На основе заводского ТП строим операционные эскизы обработки, представленные на рисунке 199, обозначаем размеры заготовки двусторонними стрелками, а размеры, возникающие после механообработки, – односторонними стрелками, исходящими от технологической базы.
- Объединяем эскизы в размерную схему, которая представлена на рисунке 200. На чертеже указываем конструкторские размеры; наносим снимаемые в процессе обработки припуски; промежуточные поверхности, возникающие в процессе обработки, последовательно нумеруем слева направо; указываем размеры заготовки и размеры после механообработки.

**Ошибка! Раздел не указан.**

Рисунок 199 – Операционные эскизы обработки размера 24,58мм

**Ошибка! Раздел не указан.**

Рисунок 200 – Схема технологической размерной цепи обработки размера 24,58мм

- Строим граф для облегчения выявления размерных технологических цепей, представленный на рисунке 201.

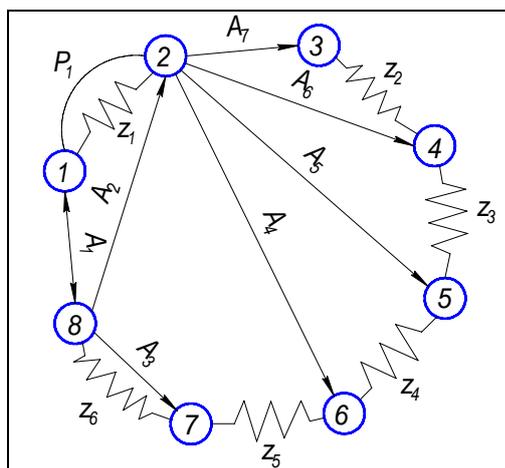


Рисунок 201 – Граф технологической размерной цепи

Результаты расчета технологической размерной цепи в программе KON7 представлены в Приложении Г.

### 2.3.6 Расчет режимов резания и норм времени

Расчет режимов резания производим средствами КОМПАС-Автопроект 9.3. Механизм расчета режимов резания, которым снабжена подсистема Автопроект-Технология, позволяет автоматически получить скорректированные по паспорту станка обороты шпинделя и подачу, скорость и мощность резания, машинное время, вспомогательное время на основной переход и энергозатраты. При этом учитывается тип и геометрия обрабатываемого конструктивного элемента, материал и качество поверхности заготовки, параметры станка и режущего инструмента.

Произведем расчет режимов резания для перехода предварительного фрезерования поверхностей замка матрицы на операции фрезерования детали станке с ЧПУ.

Для этого в тексте перехода выделяем пока еще пустую строку под ввод параметров режима резания (рисунок 202).

О	6. Фрезеровать замок с двух сторон по программе	НД
Б	G 996V	16045
Т	Фреза ГОСТ 17025-71	2220-0134
Р		

Рисунок 202 – Выделение строки для ввода параметров режима резания

При редактировании записи в строке режима резания, прежде задав вид обработки, указываем код блока расчетов (рисунок 203), по которому система автоматически определит набор параметров режима резания для расчета.

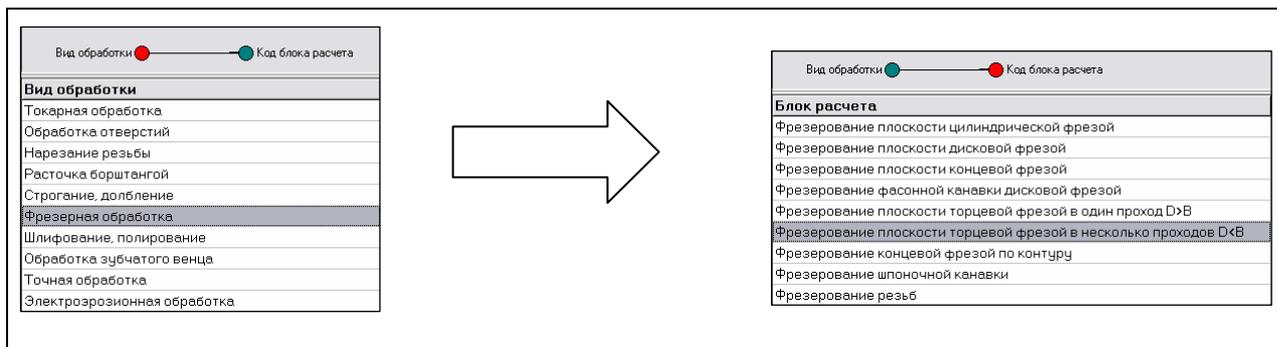


Рисунок 203 – Указание кода блока расчетов

Далее, после задания ввода параметров режима резания, открывается диалоговое окно программы-приложения для расчета режимов резания (рисунок 204), в котором указываем исходные данные: подачу, скорость резания, частоту вращения, основное (машинное) время, примем бесступенчатое регулирование частот и подач станка, выбор вспомогательного времени производим по укрупненным нормативам. После нажатия кнопки «Рассчитать» система выводит полученные величины в том же окне (см. рисунок 204).

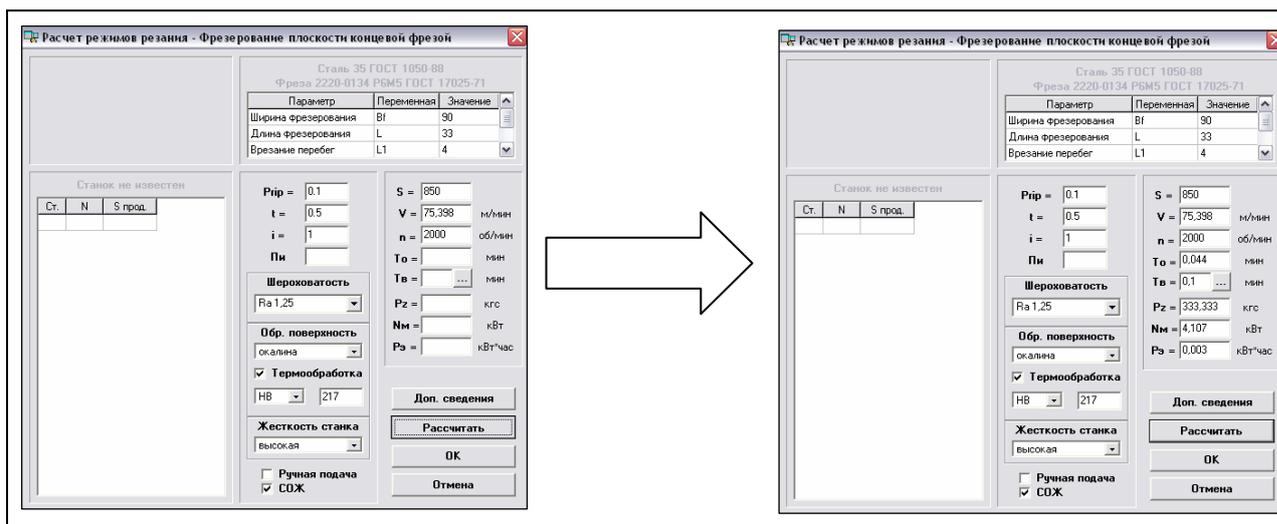


Рисунок 204 – Ввод исходных данных для расчета и вывод полученных значений режимов резания

Теперь в строке содержания перехода появится запись о режимах резания (рисунок 205).

О	б. Фрезеровать замок с двух сторон по программе	НД
Б	G 996V	16045
Т	Фреза ГОСТ 17025-71	2220-0134
Р	Bf=90 L=33 L1=4 Prip=0.1 t=0.5 i=1 n=2000 S=850 To=0.044 Tв=0.1 V=75.398	

Рисунок 205 – Рассчитанные величины режима резания автоматически вводятся в строку содержания перехода

## 2.4 Экономическая часть

### 2.4.1 Постановка задачи

В данной части дипломного проекта представлен расчет экономической эффективности от внедрения комплекса САПР для технологической подготовки производства пресс-формы покрышки модели И-305 на ОАО “ИФО”.

Производство пресс-форм для вулканизации покрышек на данном предприятии является мелкосерийным, которое характеризуется выпуском часто меняющейся номенклатуры пресс-форм. Для обработки деталей пресс-форм применяется универсальное и специальное оборудование, иногда даже ручной труд. Также активно используется современное оборудование с ЧПУ.

Задачей данной части дипломного проекта являются расчет и обоснование экономической эффективности от внедрения предложенных средств автоматизированного проектирования на этапе технологической подготовки производства. Предлагается применять САПР:

- для конструкторской подготовки производства – САД-система КОМПАС-3D V7 Plus,
- для технологической подготовки производства – САПР-система КОМПАС-Автопроект 9.3,
- для разработки управляющих программ для станков с ЧПУ – САМ-система PowerMILL 6.008.

В данной части дипломного проекта проводится сравнение двух вариантов ТПП: базового и проектного. Базовый вариант – это вариант проектирования до внедрения комплекса САПР. При этом разработка конструкции изделия, оформление различных документов, составление УП осуществляется вручную или на бумаге. Проектный вариант – это вариант ТПП после внедрения комплекса САПР. Здесь все операции проектирования автоматизируются с помощью программных средств, предлагаемых к внедрению.

Однако при автоматизации проектных работ неминуемы значительные материальные затраты: необходимо приобрести предлагаемые программные продукты и заменить устаревшие кульманы современной компьютерной техникой.

Штат сотрудников КТО до момента внедрения САПР включает 3 человека:

- конструктор, в обязанности которого входит разработка пресс-формы и литейной оснастки, а также оформление конструкторской документации (чертежи, спецификации);
- технолог, в обязанности которого входит разработка технологического маршрута изготовления пресс-формы и оформление технологической

документации (маршрутно-операционные карты, ведомости материалов и т.д.);

- технолог-программист, в обязанности которого входит составление УП для обработки деталей пресс-формы на станке с ЧПУ.

Заметим, что все указанные выше операции проектирования осуществляются вручную, на бумаге, без применения каких-либо средств автоматизации. Фактические затраты времени на данном этапе составляют:

- на конструкторское проектирование - 70 часов;
- на оформление технологической документации - 70 часов;
- на составление УП - 105 часов.

После внедрения САПР штат сотрудников КТО также включает 3 человека (конструктора, технолога и программиста), обязанности которых не изменились. Однако фактические затраты времени на проектирование сократились и составили:

- на конструкторское проектирование - 35 часов;
- на оформление технологической документации - 35 часов;
- на составление УП - 35 часов.

Очевидно, что трудоемкость ТПП после внедрения САПР сократилась более чем в 2 раза. Снижение трудоемкости ведет к снижению себестоимости проектирования, которая является основной составляющей экономической эффективности (в нашем примере). Задачей данной части дипломного проекта является расчет экономической эффективности.

## 2.4.2 Исходные данные

Исходные данные для расчета представлены в таблице 6.

Себестоимость часа работы до внедрения САПР принимаем по заводским данным. Таким образом, расходы на 1 час ручного труда составят:

$$C_{\text{ч}} = C_{\text{ос}} + C_{\text{п}} + C_{\text{д}} + O + A_{\text{сп}} = 46,15 + 23,08 + 10,38 + 22,05 + 0,66 = 102,32 \text{ руб.}$$

где  $C_{\text{ос}}$  – основная з/п,  $C_{\text{ос}} = \frac{96000}{2080} = 46,15 \text{ руб.};$

$C_{\text{п}}$  – премия,  $C_{\text{п}} = 0,5 \cdot C_{\text{ос}} = 0,5 \cdot 46,15 = 23,08 \text{ руб.};$

$C_{\text{д}}$  – дополнительная з/п,  $C_{\text{д}} = 0,15 \cdot (C_{\text{ос}} + C_{\text{п}}) = 0,15 \cdot (46,15 + 23,08) = 10,38 \text{ руб.};$

$O$  – отчисления на ЕСН,

$$O = 0,277 \cdot (C_{\text{ос}} + C_{\text{п}} + C_{\text{д}}) = 0,277 \cdot (46,15 + 23,08 + 10,38) = 22,05 \text{ руб.};$$

$A_{\text{сп}}$  – амортизация и содержание производственных площадей,

$$A_{\text{сп}} = \frac{S' \cdot C_{\text{п}} \cdot \gamma}{T_{\text{п}}} \cdot (H_a + H_c) = \frac{5,5 \cdot 2500 \cdot 2,5}{2080} \cdot (0,01 + 0,03) = 0,66 \text{ руб./ч,}$$

где  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий дополнительную площадь под проходы, предусмотренные техникой безопасности,  $\gamma = 2,5$ .

Таблица 6 – Исходные данные для расчета экономической эффективности

№	Наименование показателя	Обозначение	Значение	
1	Годовая программа проектирования, комплект	$Q$	50	
2	Годовая основная з/п ИТР, руб.	$З'_{зп}$	96 000	
3	Премия из ФЗП, %	$З_{п}$	50	
4	Дополнительная з/п, %	$З_{д}$	15	
5	ЕСН, %	$O$	27,7	
6	Времы работы всех ПК для решения задачи, ч	$T_{к}$	5 250	
7	Полезный годовой фонд времени работы ЭВМ, ч	$T_{п}$	2 080	
8	Фактические затраты времени по конструкторскому проектированию, ч	до внедрения САПР	$T_1$	70
		после внедрения САПР	$T_2$	35
9	Себестоимость часа работы до внедрения САПР, руб.	$C_{ч}$	102,32	
10	Фактические затраты времени на оформление технологической документации, ч	до внедрения САПР	$M_1$	70
		после внедрения САПР	$M_2$	35
11	Площадь, м <sup>2</sup> , необходимая для размещения	одного ПК	$S$	2,25
		одного кульмана и письменного стола	$S'$	5,50
	Стоимость производственных площадей, руб./м <sup>2</sup>	$Ц_{п}$	2 500	
	Норма амортизации производственных площадей, %	$H_A$	1	
	Норма содержания производственных площадей, %	$H_C$	3	
12	Фактические затраты времени на разработку УП, ч	до внедрения САПР	$B_1$	105
		после внедрения САПР	$B_2$	35
13	Цена единицы изделия, руб.	$Ц$	55 889,51	

### 2.4.3 Расчет затрат

Капитальные затраты на внедрение САПР, представленные в таблице 7, включают в себя:

- Стоимость технических средств (ЭВМ и периферия).
- Стоимость комплекса программ:
  - КОМПАС-3D V7 Plus;
  - Компас-Автопроект 9.3;
  - PowerMILL 6.008.
- Стоимость расходов на обучение программам:
  - КОМПАС-3D V7 Plus;
  - Компас-Автопроект 9.3;
  - PowerMILL 6.008.
- Стоимость установки, монтажа, наладки и пуска оборудования.
- Стоимость ремонта и реконструкции помещений.

Предварительно прием число компьютеризированных рабочих мест равным 3.

Таблица 7 – Статьи расходов

Наименование статьи расходов		Количество	Стоимость, руб.
ПК P4 2400/512Mb/80Gb/17"		3	35 000
Принтер HP		1	3 000
Стоимость комплекса программ	КОМПАС-3D V7 Plus	1	114 000*
	Компас- Автопроект 9.3	1	36 700*
	PowerMILL 6.008	1	350 000
Стоимость расходов на обучение программам	КОМПАС-3D V7 Plus	1	27 000*
	Компас- Автопроект 9.3	1	18 000*
	PowerMILL 6.008	1	50 000
Итого затрат			$C_a = 633\ 700$

Данное программное обеспечение обладает невысокими системными требованиями, что упрощает внедрение данного пакета программ и сводит капитальные вложения к минимуму. Остальные составляющие капитальных вложений рассчитываются по укрупненным нормативам, приведенным в таблице 8.

Таблица 8 – Нормативы капитальных вложений

Статьи расходов	% от стоимости технических средств
Стоимость технических средств ( $C_{TC}$ )	100
Установка, монтаж и наладка оборудования ( $C_M$ )	5
Ремонт и реконструкция помещения ( $N_{рем}$ )	500 руб/м <sup>2</sup>

\* цены указаны по данным ООО «Делкам-Урал» на 11.04.2005г.

Стоимость установки, монтажа и наладки оборудования:

$$C_M = 0,05C_a = 0,05 \cdot 633700 = 31\ 685 \text{ руб.}$$

Стоимость ремонта и реконструкции помещения для трех ЭВМ:

$$C_P = 6SN_{\text{рем}} = 3 \cdot 2,25 \cdot 500 = 3\ 375 \text{ руб.},$$

где  $S$  – площадь помещения,  $S = 2,25 \text{ м}^2$ .

Общая сумма капитальных вложений:

$$C' = C_a + C_M + C_P = 633700 + 31685 + 3375 = 668\ 760 \text{ руб.}$$

Поскольку приобретаемый комплекс технических средств САД/САМ/САРР будут использоваться для ТПП целого ряда деталей, то затраты на ТПП конкретной серии детали (секторной пресс-формы для вулканизации шин) оцениваются пропорционально коэффициенту загрузки технических средств:

$$K_3 = \frac{T_K}{T_{II}} = \frac{5250}{6240} = 0,84,$$

где  $T_K$  – время работы трех ПК за год,  $T_K = (35 + 35 + 35) \cdot 50 = 5250 \text{ ч}$ ;

$T_{II}$  – полезный годовой фонд времени работы трех ПК,  $T_{II} = 2080 \cdot 3 = 6240 \text{ ч}$ .

Коэффициент загрузки технических средств не намного меньше единицы, это означает, что предварительно назначенное число ПК достаточно для эффективной работы при полноценной загрузке компьютеров.

В год на ОАО «ИФО» в среднем проектируется 50 модификаций секторных пресс-форм для вулканизации шин, причем их производство в основном единичное.

Стоимость затрат на ТПП 50-ти модификаций пресс-форм:

$$C = C' \cdot K_3 = 668760 \cdot 0,84 = 561\ 758,4 \text{ руб.}$$

## 2.4.4 Расчет составляющих экономической эффективности

### 2.4.4.1 Экономия от снижения себестоимости проектирования

Экономия времени, затрачиваемого на технологическую подготовку производства, – это основной эффект, получаемый в результате снижения себестоимости проектирования после внедрения предлагаемого комплекса программ САПР. Тип производства мелкосерийный. Постоянно разрабатывается большое количество постоянно обновляющихся модификаций секторных пресс-форм типовой конструкции. Таким образом, в данных производственных условиях затраты времени на автоматизированную ТПП в сравнении с ручным трудом сокращаются незначительно. Но затраты времени на автоматизированную ТПП последующих модификаций пресс-форм намного сокращаются. В данной части дипломного проекта производится расчет экономической эффективности от внедрения комплекса конструкторской, технологической

САПР и САПР для проектирования обработки на станке с ЧПУ. Расчет производится по средним значениям затрат времени на ТПП нескольких модификаций пресс-форм.

Экономический эффект от снижения себестоимости конструкторского проектирования:

$$\mathcal{E}' = \sum_m^1 (C_1 - C_2) \cdot Q,$$

где  $C_1$  – себестоимость проектирования объекта при существующем способе проектирования (базовый вариант);

$C_2$  – себестоимость проектирования объекта при автоматизированном способе проектирования (проектный вариант);

$Q$  – годовой объем проектирования, шт.;

$m$  – количество объектов проектирования.

Расчет себестоимости проектирования производится по формуле:

$$C_j = \sum_n^1 T \cdot C_q,$$

где  $T$  – фактические затраты времени на проектирование объекта;

$C_q$  – себестоимость часа работы по проектированию объекта;

$n$  – количество объектов проектирования.

Экономия от снижения себестоимости оформления технологической документации:

$$\mathcal{E}'' = \sum_m^1 (D_1 - D_2) \cdot Q,$$

где  $D_1$  – себестоимость оформления технологической документации при существующем способе проектирования (базовый вариант);

$D_2$  – себестоимость оформления технологической документации при автоматизированном способе проектирования (проектный вариант).

Расчет себестоимости проектирования технологической документации производится по формуле:

$$D_j = \sum_n^1 M \cdot C_q,$$

где  $M$  – фактические затраты времени на оформление технологической документации.

Экономия от снижения расходов на разработку УП для станков с ЧПУ:

$$\mathcal{E}''' = \sum_m^1 (H_1 - H_2) \cdot Q,$$

где  $H_1$  – себестоимость разработки УП при существующем способе проектирования (базовый вариант);

$H_2$  – себестоимость разработки УП при автоматизированном способе проектирования (проектный вариант).

Расчет себестоимости разработки УП производится по формуле:

$$H_j = \sum_n^1 B \cdot C_q,$$

где  $B$  – фактические затраты времени на разработку УП.

Стоимость одного машино-часа работы технического обеспечения:

$$C_{мч} = \frac{Z_{ЗК}}{T_{пол}},$$

где  $Z_{ЗК}$  – затраты на обеспечение функционирования технического обеспечения, которые определяются как годовые текущие расходы и включают в себя затраты, приведенные в таблице 9.

$T_{пол}$  – годовой фонд полезной работы технического обеспечения системы,

$$T_{пол} = \Phi(T_{ном} - T_{проф}) = 305 \cdot (8 - 1,2) = 2080 \text{ ч},$$

$T_{ном}$  – номинальное количество часов ежесуточной работы технического обеспечения, ч;

$T_{проф}$  – годовые затраты времени на профилактические и ремонтные работы (15% от  $T_{ном}$ ).

Таблица 9 – Затраты на обеспечение функционирования технического обеспечения

Статьи расхода	Обозначение	Затраты
З/п производственного персонала, обслуживающего САПР:		
– основная	$Z_{ЗП}$	8 000
– премия	$Z_{ОС}$	50% от $Z_{ОС}$
– дополнительная	$Z_{П}$	15% от ( $Z_{ОС} + Z_{П}$ )
	$Z_{Д}$	
Отчисления ЕСН	$O$	27,7%
Амортизационные отчисления на основные фонды	$Z_{А}$	25% от $C$
Стоимость ремонта и обслуживания	$Z_{Р}$	5%
Стоимость электроэнергии, руб. за 1 кВт·ч	$Z_{Э}$	1,36

Вычислим стоимость одного машино-часа.

Годовая заработная плата производственного персонала, обслуживающего САПР:

- основная  $Z_{ОС} = 8000 \cdot 12 \cdot 3 = 288\,000$  руб.;
- премия  $Z_{П} = 0,5 \cdot Z_{ОС} = 0,5 \cdot 288000 = 144000$  руб.;
- дополнительная  $Z_{Д} = 0,15 \cdot (Z_{ОС} + Z_{П}) = 0,15 \cdot (288000 + 144000) = 64\,800$  руб.;
- в итоге  $Z_{ЗП} = Z_{ОС} + Z_{П} + Z_{Д} = 288000 + 144000 + 64800 = 496\,800$  руб.

Отчисления на ЕСН:

$$O = 0,277 \cdot Z_{ЗП} = 0,277 \cdot 496800 = 137\,613,6 \text{ руб.}$$

Амортизационные отчисления на различные фонды:

$$Z_{А} = 0,25 \cdot C = 0,25 \cdot 561\,758,4 = 140\,439,6 \text{ руб.}$$

Годовая стоимость ремонта и обслуживания:

$$Z_p = 0,05 \cdot C = 0,05 \cdot 561\,758,4 = 28\,087,92 \text{ руб.}$$

Годовая стоимость электроэнергии при мощности одного ПК 0,5 кВт:

$$Z_э = 1,36 \cdot 6240 \cdot 0,5 = 4\,243,2 \text{ руб.}$$

Стоимость содержания помещений:

$$Z_{ном} = H_C \cdot Ц_{II} \cdot S = 0,03 \cdot 2500 \cdot 2,25 \cdot 3 = 506,25 \text{ руб.}$$

$$\text{Итого: } Z_{ЗК} = Z_{ЗП} + O + Z_a + Z_p + Z_э + Z_{ном} =$$

$$= 496800 + 137613,60 + 140439,60 + 28087,92 + 4243,20 + 506,25 = 807\,690,57 \text{ руб.}$$

Стоимость одного машино-часа технического обеспечения:

$$C_{мч} = \frac{Z_{ЗК}}{T_{пол}} = \frac{807\,690,57}{6240} = 129,44 \text{ руб.}$$

Себестоимость конструкторского проектирования:

$$C_1 = T_1 \cdot C_q = 70 \cdot 102,32 = 7\,162,4 \text{ руб.};$$

$$C_2 = T_2 \cdot C_{мч} = 35 \cdot 129,44 = 4\,530,4 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от снижения себестоимости конструкторского проектирования:

$$\mathcal{E}' = (7162,4 - 4530,4) \cdot 50 = 131\,600 \text{ руб.}$$

Себестоимость оформления технологической документации:

$$D_1 = M_1 \cdot C_q = 70 \cdot 102,32 = 7\,162,4 \text{ руб.};$$

$$D_2 = M_2 \cdot C_{мч} = 35 \cdot 129,44 = 4\,530,4 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от снижения себестоимости оформления технологической документации:

$$\mathcal{E}'' = (7162,4 - 4530,4) \cdot 50 = 131\,600 \text{ руб.}$$

Себестоимость разработки УП:

$$H_1 = B_1 \cdot C_q = 105 \cdot 102,32 = 10\,743,6 \text{ руб.};$$

$$H_2 = B_2 \cdot C_{мч} = 35 \cdot 129,44 = 4\,530,4 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от снижения себестоимости разработки УП:

$$\mathcal{E}''' = (10743,6 - 4530,4) \cdot 50 = 310\,660 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от снижения себестоимости технологической подготовки производства:

$$\mathcal{E}_c = \mathcal{E}' + \mathcal{E}'' + \mathcal{E}''' = 131600 + 131600 + 310660 = 573\,860 \text{ руб.}$$

Необходимо учесть снижение затрат на содержание помещения, вследствие перехода с ручного проектирования (на кульманах) на автоматизированное (на ПК). Один ПК занимаем меньшую площадь ( $S = 2,25 \text{ м}^2$ ), чем один кульман ( $S' = 5,50 \text{ м}^2$ ).

В результате этого после внедрения САПР потребуется меньшая площадь для размещения оборудования КТО. Рассчитаем экономический эффект от высвобождения производственных площадей.

Себестоимость затрат на использование помещения для трех рабочих мест:

– при базовом варианте:

$$I_{II} = 3Ц_{II} \cdot S' = 3 \cdot 2500 \cdot 5,5 = 41\,250 \text{ руб.};$$

– при проектном варианте:

$$I_{II2} = 3C_{II} \cdot S = 3 \cdot 2500 \cdot 2,25 = 16\,875 \text{ руб.}$$

Экономия от снижения затрат на содержание помещения:

$$\mathcal{E}_{II} = I_{III} - I_{II2} = 41250 - 16875 = 24\,375 \text{ руб.}$$

#### 2.4.4.2 Оценка экономической эффективности от внедрения САПР с точки зрения получения дополнительной прибыли

Сокращение сроков проектирования не только увеличивает объем прибыли за счет коммерческой реализации дополнительной продукции, но и высвобождает средства для новых прибыльных проектов.

Эффективность применения САПР складывается из четырех составляющих:

- $\mathcal{E}_1$  – эффект от увеличения объема производства, получаемый от снижения времени изготовления одной детали, т.е. после внедрения САПР за год будет производиться больше деталей при неизменном темпе производства.

$$\mathcal{E}_1 = \frac{\mathcal{E}_c k_c (T_1 - T_2)}{T_2},$$

где  $T_1$  – время изготовления партии деталей до внедрения САПР;

$T_2$  – время изготовления партии деталей после внедрения САПР;

$k_c$  – стоимостный коэффициент, характеризующий отношение стоимости данной детали к стоимости среднестатистической (по стоимости) детали, проектируемой с помощью конкретной САПР, поскольку величина данного отношения неизвестна принимаем  $k_c = 1$ .

- $\mathcal{E}_2$  – эффект от срочных заказов, получаемый за счет сокращения времени производства и более раннего выполнения заказа. Снижение времени выполнения заказа может увеличить его стоимость за счет «срочности», а также подавляет конкуренцию, что приводит к увеличению количества потенциальных заказчиков. В результате предприятие имеет дополнительную прибыль от срочных заказов той же продукции, но за более высокую цену, ранее неприемлемую вследствие длительного цикла производства.

$$\mathcal{E}_2 = \frac{C_n k_m k_n (1 + \ln[(1 + (T_1 - T_2)/T_2) \cdot k]) \cdot Q}{k_c},$$

где  $C_n$  – стоимость партии детали;

$k_m$  – коэффициент, учитывающий маркетинговую политику в данной области и показывающий, какая часть заказов является срочной,  $k_m = 0,001$ ;

$k_n$  – коэффициент, характеризующий степень возрастания цены срочного заказа,  $k_n = 1,25$ ;

$k$  – коэффициент, характеризующий неравномерность зависимости увеличения превышения стоимости заказа от изменения времени изготовления при внедрении САПР,  $k = 0,9$ ;

$Q$  – годовой объем проектирования, шт.

- $\mathcal{E}_3$  – эффект, получаемый предприятием за счет сокращения периода освоения, т.е. получения «досрочной» прибыли от реализации, так как продажа товара начнется ранее того, если бы это было при применении обычных технологий. За недостаточностью данных примем  $\mathcal{E}_3 = 0$ .
- $\mathcal{E}_4$  – эффект, получаемый предприятием за счет повышения качества производимой продукции. При данной автоматизированной подготовке производства оборудование не изменяется, изменяется только время ТПП. Принимаем  $\mathcal{E}_4 = 0$ .

Исходные данные для определения дополнительной прибыли представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Исходные данные для определения дополнительной прибыли

Наименование		Значение
$\mathcal{E}_c$	Экономический эффект от снижения себестоимости ТПП, руб.	573 860
$\mathcal{E}_n$	Экономический эффект от снижения затрат на содержание помещения, руб.	24 375
$T'$	Норма времени изготовления партии деталей до внедрения САПР, ч	1 445
$T''$	Норма времени изготовления партии деталей после внедрения САПР, ч	1 305
$T_{ц}$	Норма времени на механообработку и сборку деталей одной пресс-формы, ч	120
$C_n$	Отпускная цена партии изделий (10 шт.), руб.	558 895,1

$$C_n = C \cdot n = 55889,51 \cdot 10 = 558\,895,1 \text{ руб.},$$

где  $C$  – цена единицы изделия, руб.

$$T' = T_{\text{ТПП}} + n \cdot T_{ц} = (T_1 + M_1 + B_1) + n \cdot T_{ц} = (70 + 70 + 105) + 10 \cdot 120 = 1\,445 \text{ ч},$$

$$T'' = (T_2 + M_2 + B_2) + n \cdot T_{ц} = (35 + 35 + 35) + 10 \cdot 120 = 1\,305 \text{ ч}.$$

Эффект от увеличения объема производства, получаемый от снижения времени изготовления одной партии детали:

$$\mathcal{E}_1 = \frac{573\,860 \cdot 1 \cdot (1445 - 1305)}{1305} = 61\,563,52 \text{ руб.}$$

Эффект от увеличения срочных заказов:

$$\mathcal{E}_2 = \frac{558895,1 \cdot 0,001 \cdot 1,25 \cdot (1 + \ln[(1 + (1445 - 1305)/1305) \cdot 0,9]) \cdot 50}{1} = 34\,810,28 \text{ руб.}$$

Дополнительная эффективность от сокращения периода проектирования изделий:

$$\mathcal{E}_{\text{доп}} = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 61\,563,52 + 34\,810,28 = 96\,373,8 \text{ руб.}$$

Суммарная годовая экономия при внедрении комплекса программ:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_C + \mathcal{E}_{\text{дон}} = 573860 + 96373,8 = 670\,233,8 \text{ руб.}$$

Годовой экономический эффект, получаемый при функционировании САПР на протяжении четырех лет:

$$\mathcal{E}_{\text{год}} = \mathcal{E} - \frac{(C - \mathcal{E}_\Pi)}{T} = 670\,233,8 - \frac{(561758,4 - 24375)}{4} = 535\,887,95 \text{ руб.}$$

Экономический эффект, получаемый за четырехлетнее функционирование САПР:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = P - C = 2\,336\,971,21 - 561\,758,4 = 1\,775\,212,81 \text{ руб.},$$

где  $P = \mathcal{E}(a_0 + a_1 + a_2 + a_3) = 670\,233,8 \cdot (1 + 0,9091 + 0,8264 + 0,7513) = 2\,336\,971,21 \text{ руб.}$

Срок окупаемости:

$$T = \frac{C}{\mathcal{E}} = \frac{(561758,4 - 24375)}{670233,8} = 0,8 \text{ года (9,6 месяцев).}$$

Расчетный коэффициент экономической эффективности:

$$E_P = \frac{\mathcal{E}}{C} = \frac{670233,8}{(561758,4 - 24375)} = 1,25.$$

Поскольку  $E_P > E_n$  ( $E_n = 0,33$  – нормативное значение коэффициента экономической эффективности для средств автоматизации и вычислительной техники), внедренную САПР можно считать эффективной.

Годовая экономия времени:

$$\mathcal{E}_B = (T_1 - T_2) \cdot Q = (1445 - 1305) \cdot 50 = 7\,000 \text{ ч.}$$

## 2.5 Охрана труда

Охрана здоровья трудящихся, обеспечение безопасности условий труда, ликвидация профессиональных заболеваний и производственного травматизма составляет одну из главных забот человеческого общества. Обращается внимание на необходимость широкого применения прогрессивных форм научной организации труда, сведения к минимуму ручного, малоквалифицированного труда, создания обстановки, исключая профессиональные заболевания и производственный травматизм [9].

На рабочем месте должны быть предусмотрены меры защиты от возможного воздействия опасных и вредных факторов производства. Уровни этих факторов не должны превышать предельных значений, оговоренных правовыми, техническими и санитарно-техническими нормами. Эти нормативные документы обязывают к созданию на рабочем месте условий труда, при которых влияние опасных и вредных факторов на работающих либо устранено совсем, либо находится в допустимых пределах.

Данный раздел дипломного проекта посвящен рассмотрению следующих вопросов:

- определение оптимальных условий труда инженера-программиста;
- расчет освещенности;
- расчет уровня шума.

### 2.5.1 Характеристика условий труда программиста

Научно-технический прогресс внес серьезные изменения в условия производственной деятельности работников умственного труда. Их труд стал более интенсивным, напряженным, требующим значительных затрат умственной, эмоциональной и физической энергии. Это потребовало комплексного решения проблем эргономики, гигиены и организации труда, регламентации режимов труда и отдыха.

В настоящее время компьютерная техника широко применяется во всех областях деятельности человека. При работе с компьютером человек подвергается воздействию ряда опасных и вредных производственных факторов: электромагнитных полей (диапазон радиочастот: ВЧ, УВЧ и СВЧ), инфракрасного и ионизирующего излучений, шума и вибрации, статического электричества и др. [10].

Работа с компьютером характеризуется значительным умственным напряжением и нервно-эмоциональной нагрузкой операторов, высокой напряженностью зрительной работы и достаточно большой нагрузкой на мышцы рук при работе с клавиатурой ЭВМ. Большое значение имеет

рациональная конструкция и расположение элементов рабочего места, что важно для поддержания оптимальной рабочей позы человека-оператора.

В процессе работы с компьютером необходимо соблюдать правильный режим труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках.

## **2.5.2 Требования к производственным помещениям**

### **2.5.2.1 Окраска и коэффициенты отражения**

Окраска помещений и мебели должна способствовать созданию благоприятных условий для зрительного восприятия, хорошего настроения. Источники света, такие как светильники и окна, которые дают отражение от поверхности экрана, значительно ухудшают точность знаков и влекут за собой помехи физиологического характера, которые могут выразиться в значительном напряжении, особенно при продолжительной работе. Отражение, включая отражения от вторичных источников света, должно быть сведено к минимуму. Для защиты от избыточной яркости окон могут быть применены шторы и экраны [11].

В зависимости от ориентации окон рекомендуется следующая окраска стен и пола:

- окна ориентированы на юг: стены зеленовато-голубого или светло-голубого цвета; пол зеленый;
- окна ориентированы на север: стены светло-оранжевого или оранжево-желтого цвета; пол красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на восток: стены желто-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый;
- окна ориентированы на запад: стены желто-зеленого или голубовато-зеленого цвета; пол зеленый или красновато-оранжевый.

В помещениях, где находится компьютер, необходимо обеспечить следующие величины коэффициента отражения: для потолка: 60...70%, для стен: 40...50%, для пола: около 30%. Для других поверхностей и рабочей мебели: 30...40%.

### 2.5.2.2 Освещение

Правильно спроектированное и выполненное производственное освещение улучшает условия зрительной работы, снижает утомляемость, способствует повышению производительности труда, благотворно влияет на производственную среду, оказывая положительное психологическое воздействие на работающего, повышает безопасность труда и снижает травматизм.

Недостаточность освещения приводит к напряжению зрения, ослабляет внимание, приводит к наступлению преждевременной утомленности. Чрезмерно яркое освещение вызывает ослепление, раздражение и резь в глазах. Неправильное направление света на рабочем месте может создавать резкие тени, блики, дезориентировать работающего. Все эти причины могут привести к несчастному случаю или профзаболеваниям, поэтому столь важен правильный расчет освещенности.

Существует три вида освещения: естественное, искусственное и совмещенное (естественное и искусственное вместе) [12].

Согласно СНиП II-4-79 в помещениях вычислительных центров необходимо применить систему комбинированного освещения.

При выполнении работ категории высокой зрительной точности (наименьший размер объекта различения 0,3...0,5 мм) величина коэффициента естественного освещения (КЕО) должна быть не ниже 1,5%. При зрительной работе средней точности (наименьший размер объекта различения 0,5...1,0 мм) КЕО должен быть не ниже 1,0%. В качестве источников искусственного освещения обычно используются люминесцентные лампы типа ЛБ или ДРЛ, которые попарно объединяются в светильники, которые должны располагаться над рабочими поверхностями равномерно [11].

Требования к освещенности в помещениях, где установлены компьютеры, следующие: при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк, а комбинированная – 750 лк; аналогичные требования при выполнении работ средней точности – 200 и 300 лк соответственно.

Кроме того, все поле зрения должно быть освещено достаточно равномерно – это основное гигиеническое требование. Иными словами, степень освещения помещения и яркость экрана компьютера должны быть примерно одинаковыми, т.к. яркий свет в районе периферийного зрения значительно увеличивает напряженность глаз и, как следствие, приводит к их быстрой утомляемости.

### 2.5.2.3 Параметры микроклимата

Параметры микроклимата могут меняться в широких пределах, в то время как необходимым условием жизнедеятельности человека является поддержание постоянства температуры тела благодаря терморегуляции, т.е. способности организма регулировать отдачу тепла в окружающую среду. Принцип нормирования микроклимата – создание оптимальных условий для теплообмена тела человека с окружающей средой.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата. В санитарных нормах СН-245-71 установлены величины параметров микроклимата, создающие комфортные условия. Эти нормы устанавливаются в зависимости от времени года, характера трудового процесса и характера производственного помещения и указаны в таблице 11 [10].

Объем помещений, в которых размещены работники вычислительных центров, не должен быть меньше  $19,5 \text{ м}^3/\text{человека}$  с учетом максимального числа одновременно работающих в смену. Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры, приведены в таблице 12.

Таблица 11 – Параметры микроклимата для помещений, где установлены компьютеры

Период года	Параметр микроклимата	Величина
Холодный	Температура воздуха в помещении	22...24 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	до 0,1 м/с
Теплый	Температура воздуха в помещении	23...25 °С
	Относительная влажность	40...60 %
	Скорость движения воздуха	0,1...0,2 м/с

Таблица 12 – Нормы подачи свежего воздуха в помещения, где расположены компьютеры

Характеристика помещения	Объемный расход подаваемого в помещение свежего воздуха, $\text{м}^3$ /на одного человека в час
Объем до $20 \text{ м}^3$ на человека	Не менее 30
$20...40 \text{ м}^3$ на человека	Не менее 20
Более $40 \text{ м}^3$ на человека	Естественная вентиляция

Для обеспечения комфортных условий используются как организационные методы (рациональная организация проведения работ в зависимости от времени года и суток, чередование труда и отдыха), так и технические средства (вентиляция, кондиционирование воздуха, отопительная система).

### 2.5.2.4 Шум и вибрация

Шум ухудшает условия труда оказывая вредное действие на организм человека. Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах и т. д. Такие нарушения в работе ряда органов и систем организма человека могут вызвать негативные изменения в эмоциональном состоянии человека вплоть до стрессовых. Под воздействием шума снижается концентрация внимания, нарушаются физиологические функции, появляется усталость в связи с повышенными энергетическими затратами и нервно-психическим напряжением, ухудшается речевая коммутация. Все это снижает работоспособность человека и его производительность, качество и безопасность труда. Длительное воздействие интенсивного шума (выше 80 дБ(А)) на слух человека приводит к его частичной или полной потере [13].

В таблице 13 указаны предельные уровни звука в зависимости от категории тяжести и напряженности труда, являющиеся безопасными в отношении сохранения здоровья и работоспособности.

Таблица 13 – Предельные уровни звука, дБ, на рабочих местах

Категория напряженности труда	Категория тяжести труда			
	I. Легкая	II. Средняя	III. Тяжелая	IV. Очень тяжелая
I. Мало напряженный	80	80	75	75
II. Умеренно напряженный	70	70	65	65
III. Напряженный	60	60	-	-
IV. Очень напряженный	50	50	-	-

Уровень шума на рабочем месте математиков-программистов и операторов видеоматериалов не должен превышать 50 дБА, а в залах обработки информации на вычислительных машинах – 65 дБА. Для снижения уровня шума стены и потолок помещений, где установлены компьютеры, могут быть облицованы звукопоглощающими материалами. Уровень вибрации в помещениях вычислительных центров может быть снижен путем установки оборудования на специальные виброизоляторы.

### 2.5.2.5 Электромагнитное и ионизирующее излучения

Большинство ученых считают, что как кратковременное, так и длительное воздействие всех видов излучения от экрана монитора не опасно для здоровья персонала, обслуживающего компьютеры. Однако, исчерпывающих данных относительно опасности воздействия излучения от мониторов на работающих с компьютерами не существует, и исследования в этом направлении продолжаются [10].

Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений от монитора компьютера представлены в таблице 14.

Максимальный уровень рентгеновского излучения на рабочем месте оператора компьютера обычно не превышает 10 мкбэр/ч, а интенсивность ультрафиолетового и инфракрасного излучений от экрана монитора лежит в пределах 10...100 мВт/м<sup>2</sup>.

Таблица 14 – Допустимые значения параметров неионизирующих электромагнитных излучений  
(в соответствии с СанПиН 2.2.2.542-96)

Наименование параметра	Допустимые значения
Напряженность электрической составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	10 В/м
Напряженность магнитной составляющей электромагнитного поля на расстоянии 50 см от поверхности видеомонитора	0,3 А/м
Напряженность электростатического поля не должна превышать:	
для взрослых пользователей	20 кВ/м
для детей дошкольных учреждений и учащихся средних специальных и высших учебных заведений	15 кВ/м

Для снижения воздействия этих видов излучения рекомендуется применять мониторы с пониженным уровнем излучения и отвечающие стандартам MPR-II, TCO-99, TCO-03, устанавливать защитные экраны, а также соблюдать регламентированные режимы труда и отдыха.

### 2.5.3 Эргономические требования к рабочему месту программиста

Проектирование рабочих мест, снабженных видеотерминалами, относится к числу важных проблем эргономического проектирования в области вычислительной техники.

Рабочее место и взаимное расположение всех его элементов должно соответствовать антропометрическим, физическим и психологическим требованиям. Большое значение имеет также характер работы. В частности,

при организации рабочего места программиста должны быть соблюдены следующие основные условия: оптимальное размещение оборудования, входящего в состав рабочего места и достаточное рабочее пространство, позволяющее осуществлять все необходимые движения и перемещения.

Эргономическими аспектами проектирования видеотерминальных рабочих мест, в частности, являются: высота рабочей поверхности, размеры пространства для ног, требования к расположению документов на рабочем месте (наличие и размеры подставки для документов, возможность различного размещения документов, расстояние от глаз пользователя до экрана, документа, клавиатуры и т.д.), характеристики рабочего кресла, требования к поверхности рабочего стола, регулируемость элементов рабочего места [14].

Главными элементами рабочего места программиста являются стол и кресло. Основным рабочим положением является положение сидя. Рабочая поза сидя вызывает минимальное утомление программиста. Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще, расположено в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

Моторное поле – пространство рабочего места, в котором могут осуществляться двигательные действия человека.

Максимальная зона досягаемости рук – это часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми максимально вытянутыми руками при движении их в плечевом суставе.

Оптимальная зона – часть моторного поля рабочего места, ограниченного дугами, описываемыми предплечьями при движении в локтевых суставах с опорой в точке локтя и с относительно неподвижным плечом.

На рисунке 206 представлена схема оптимального размещения предметов труда и документации в зонах досягаемости на рабочем месте.

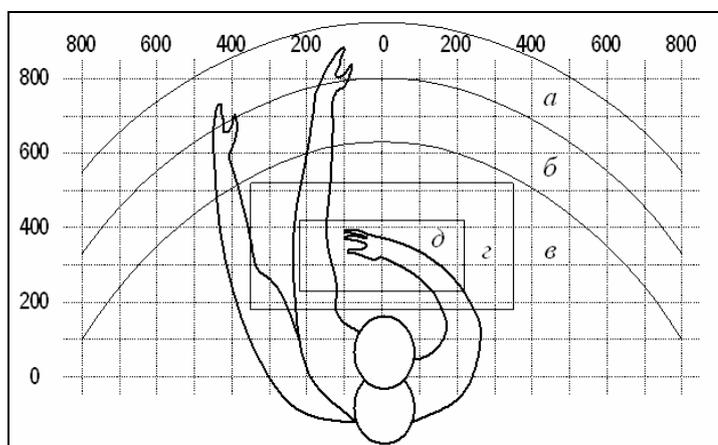


Рисунок 206 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

- а* – зона максимальной досягаемости; *б* – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;
- в* – зона легкой досягаемости ладони; *г* – оптимальное пространство для грубой ручной работы;
- д* – оптимальное пространство для тонкой ручной работы

Дисплей размещается в зоне *a* (в центре); системный блок размещается в предусмотренной нише стола; клавиатура – в зоне *z/d*; «мышь» – в зоне *b* справа; сканер в зоне *a/b* (слева); принтер находится в зоне *a* (справа); документация, необходимая при работе – в зоне легкой досягаемости ладони – *b*, а в выдвижных ящиках стола – литература, неиспользуемая постоянно.

На рисунке 207 показан пример размещения основных и периферийных составляющих ПК на рабочем столе программиста.

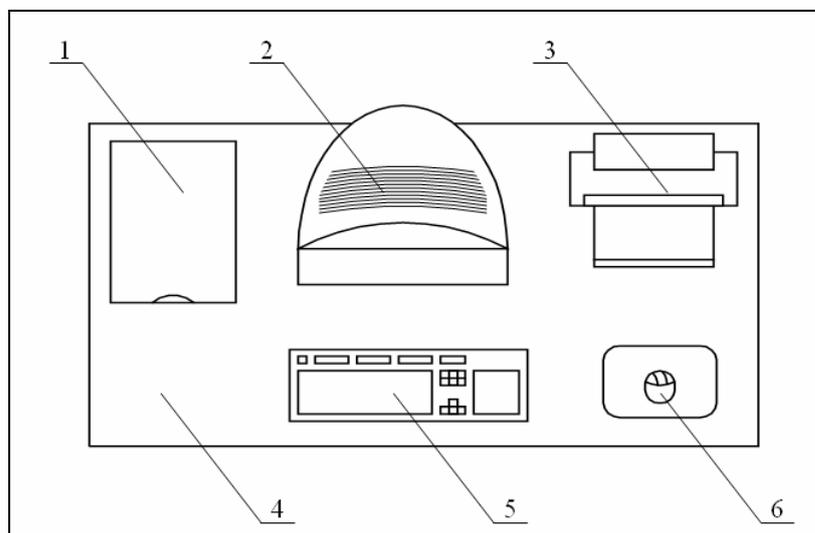


Рисунок 207 – Размещение основных и периферийных составляющих ПК  
1 – сканер, 2 – монитор, 3 – принтер, 4 – поверхность рабочего стола,  
5 – клавиатура, 6 – манипулятор типа «мышь»

Для комфортной работы стол должен удовлетворять следующим условиям [14]:

- высота стола должна быть выбрана с учетом возможности сидеть свободно, в удобной позе, при необходимости опираясь на подлокотники;
- нижняя часть стола должна быть сконструирована так, чтобы программист мог удобно сидеть, не был вынужден поджимать ноги;
- поверхность стола должна обладать свойствами, исключающими появление бликов в поле зрения программиста;
- конструкция стола должна предусматривать наличие выдвижных ящиков (не менее трех для хранения документации, листингов, канцелярских принадлежностей).
- высота рабочей поверхности рекомендуется в пределах 680-760 мм. Высота поверхности, на которую устанавливается клавиатура, должна быть около 65 мм.

Большое значение придается характеристикам рабочего кресла. Так, рекомендуемая высота сиденья над уровнем пола находится в пределах 420-550 мм. Поверхность сиденья мягкая, передний край закругленный, а угол наклона спинки – регулируемый.

Необходимо предусматривать при проектировании возможность различного размещения документов: сбоку от видеотерминала, между монитором и клавиатурой и т.п. Кроме того, в случаях, когда видеотерминал

имеет низкое качество изображения, например заметны мелькания, расстояние от глаз до экрана делают больше (около 700 мм), чем расстояние от глаза до документа (300-450 мм). Вообще при высоком качестве изображения на видеотерминале расстояние от глаз пользователя до экрана, документа и клавиатуры может быть равным.

Положение экрана определяется:

- расстоянием считывания (0,6...0,7 м);
- углом считывания, направлением взгляда на 20° ниже горизонтали к центру экрана, причем экран перпендикулярен этому направлению.

Должна также предусматриваться возможность регулирования экрана:

- по высоте +3 см;
- по наклону от -10° до +20° относительно вертикали;
- в левом и правом направлениях.

Большое значение также придается правильной рабочей позе пользователя. При неудобной рабочей позе могут появиться боли в мышцах, суставах и сухожилиях. Требования к рабочей позе пользователя видеотерминала следующие:

- голова не должна быть наклонена более чем на 20°;
- плечи должны быть расслаблены,
- локти под углом 80°...100°;
- предплечья и кисти рук в горизонтальном положении.

Причина неправильной позы пользователей обусловлена следующими факторами: нет хорошей подставки для документов, клавиатура находится слишком высоко, а документы – низко, некуда положить руки и кисти, недостаточно пространство для ног.

В целях преодоления указанных недостатков даются общие рекомендации: лучше передвижная клавиатура; должны быть предусмотрены специальные приспособления для регулирования высоты стола, клавиатуры и экрана, а также подставка для рук [14].

Существенное значение для производительной и качественной работы на компьютере имеют размеры знаков, плотность их размещения, контраст и соотношение яркостей символов и фона экрана. Если расстояние от глаз оператора до экрана дисплея составляет 60...80 см, то высота знака должна быть не менее 3 мм, оптимальное соотношение ширины и высоты знака составляет 3:4, а расстояние между знаками – 15...20% их высоты. Соотношение яркости фона экрана и символов - от 1:2 до 1:15 [10].

Во время пользования компьютером медики советуют устанавливать монитор на расстоянии 50-60 см от глаз. Специалисты также считают, что верхняя часть видеодисплея должна быть на уровне глаз или чуть ниже. Когда человек смотрит прямо перед собой, его глаза открываются шире, чем когда он смотрит вниз. За счет этого площадь обзора значительно увеличивается, вызывая обезвоживание глаз. К тому же если экран установлен высоко, а глаза широко открыты, нарушается функция моргания. Это значит, что глаза не закрываются полностью, не омываются слезной жидко-

стью, не получают достаточного увлажнения, что приводит к их быстрой утомляемости.

Создание благоприятных условий труда и правильное эстетическое оформление рабочих мест на производстве имеет большое значение как для облегчения труда, так и для повышения его привлекательности, положительно влияющей на производительность труда.

#### 2.5.4 Режим труда

Как уже было неоднократно отмечено, при работе с ПК очень важную роль играет соблюдение правильного режима труда и отдыха. В противном случае у персонала отмечаются значительное напряжение зрительного аппарата с появлением жалоб на неудовлетворенность работой, головные боли, раздражительность, нарушение сна, усталость и болезненные ощущения в глазах, в пояснице, в области шеи и руках [10].

В таблице 5 представлены сведения о регламентированных перерывах, которые необходимо делать при работе на ПК, в зависимости от продолжительности рабочей смены, видов и категорий трудовой деятельности с ВДТ и ПЭВМ (в соответствии с СНиП 2.2.2 542-96 «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ»).

Таблица 15 – Время регламентированных перерывов при работе на ПК

Категория работы с ВДТ или ПЭВМ	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работы с ВДТ			Суммарное время регламентированных перерывов, мин	
	Группа А, количество знаков	Группа Б, количество знаков	Группа В, часов	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
I	до 20 000	до 15 000	до 2,0	30	70
II	до 40 000	до 30 000	до 4,0	50	90
III	до 60 000	до 40 000	до 6,0	70	120

Примечание – Время перерывов дано при соблюдении указанных СНиП. При несоответствии фактических условий труда требованиям СНиП время регламентированных перерывов следует увеличить на 30%.

В соответствии со СНиП 2.2.2 546-96 все виды трудовой деятельности, связанные с использованием компьютера, разделяются на три группы:

группа А: работа по считыванию информации с экрана ВДТ или ПЭВМ с предварительным запросом;

группа Б: работа по вводу информации;

группа В: творческая работа в режиме диалога с ЭВМ.

Эффективность перерывов повышается при сочетании с производственной гимнастикой или организации специального помещения

для отдыха персонала с удобной мягкой мебелью, аквариумом, зеленой зоной и т.п.

### 2.5.5 Расчет освещенности

Расчет освещенности рабочего места сводится к выбору системы освещения, определению необходимого числа светильников, их типа и размещения. Исходя из этого, рассчитаем параметры искусственного освещения.

Обычно искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света двух видов: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Будем использовать люминесцентные лампы, которые по сравнению с лампами накаливания имеют ряд существенных преимуществ [12]:

- по спектральному составу света они близки к дневному, естественному свету;
- обладают более высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания);
- обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания);
- более длительный срок службы.

Расчет освещения производится для комнаты площадью  $15 \text{ м}^2$ , ширина которой 5 м, высота – 3 м. Воспользуемся методом светового потока [11].

Для определения количества светильников определим световой поток, падающий на поверхность по формуле:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n},$$

где  $F$  - рассчитываемый световой поток, Лм;

$E$  - нормированная минимальная освещенность, Лк (определяется по таблице). Работу программиста, в соответствии с этой таблицей, можно отнести к разряду точных работ, следовательно, минимальная освещенность будет  $E = 300 \text{ Лк}$ ;

$S$  - площадь освещаемого помещения (в нашем случае  $S = 15 \text{ м}^2$ );

$Z$  - отношение средней освещенности к минимальной (обычно принимается равным 1,1...1,2, пусть  $Z = 1,1$ );

$K$  - коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (его значение зависит от типа помещения и характера проводимых в нем работ и в нашем случае  $K = 1,5$ );

$n$  - коэффициент использования, выражается отношением светового потока, падающего на расчетную поверхность, к суммарному потоку всех ламп и исчисляется в долях единицы; зависит от характеристик светильника, размеров помещения, окраски стен и потолка, характеризуемых

коэффициентами отражения от стен ( $P_C$ ) и потолка ( $P_{II}$ ), значение коэффициентов  $P_C=40\%$ ,  $P_{II}=60\%$ . Значение  $n$  определим по таблице коэффициентов использования различных светильников. Для этого вычислим индекс помещения по формуле:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A+B)},$$

где  $S$  - площадь помещения,  $S = 15\text{м}^2$ ;

$h$  - расчетная высота подвеса,  $h = 2,92\text{м}$ ;

$A$  - ширина помещения,  $A = 3\text{м}$ ;

$B$  - длина помещения,  $B = 5\text{м}$ .

Подставив значения получим:

$$I = \frac{15}{2,92 \cdot (3+5)} = 0,64.$$

Зная индекс помещения  $I$ , по таблице 7 [4] находим  $n = 0,22$ . Подставим все значения в формулу для определения светового потока  $F$ :

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 15 \cdot 1,1}{0,22} = 33750 \text{ Лм}$$

Для освещения выбираем люминесцентные лампы типа ЛБ40-1, световой поток которых  $F = 4320 \text{ Лк}$ .

Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

$$N = \frac{F}{F_L}$$

$N$  - определяемое число ламп;

$F$  - световой поток,  $F = 33750 \text{ Лм}$ ;

$F_L$  - световой поток лампы,  $F_L = 4320 \text{ Лм}$ .

$$N = \frac{33750}{4320} = 8 \text{ шт.}$$

При выборе осветительных приборов используем светильники типа ОД. Каждый светильник комплектуется двумя лампами.

## 2.5.6 Расчет уровня шума

Одним из неблагоприятных факторов производственной среды в ИВЦ является высокий уровень шума, создаваемый печатными устройствами, оборудованием для кондиционирования воздуха, вентиляторами систем охлаждения в самих ЭВМ.

Для решения вопросов о необходимости и целесообразности снижения шума необходимо знать уровни шума на рабочем месте оператора. Уровень шума, возникающий от нескольких некогерентных источников, работающих

одновременно, подсчитывается на основании принципа энергетического суммирования излучений отдельных источников [13]:

$$L_{\Sigma} = 10 \lg \sum_{i=1}^{i=n} 10^{0,1L_i},$$

где  $L_i$  – уровень звукового давления  $i$ -го источника шума;  
 $n$  – количество источников шума.

Полученные результаты расчета сравниваются с допустимым значением уровня шума для данного рабочего места. Если результаты расчета выше допустимого значения уровня шума, то необходимы специальные меры по снижению шума. К ним относятся: облицовка стен и потолка зала звукопоглощающими материалами, снижение шума в источнике, правильная планировка оборудования и рациональная организация рабочего места оператора.

Уровни звукового давления источников шума, действующих на оператора на его рабочем месте представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Уровни звукового давления различных источников

Источник шума	Уровень шума, дБ
Жесткий диск	40
Вентилятор	45
Монитор	17
Клавиатура	10
Принтер	45
Сканер	42

Обычно рабочее место оператора оснащено следующим оборудованием: винчестер в системном блоке, вентилятор(ы) систем охлаждения ПК, монитор, клавиатура, принтер и сканер.

Подставив значения уровня звукового давления для каждого вида оборудования в формулу, получим:

$$L_{\Sigma} = 10 \cdot \lg (10^4 + 10^{4,5} + 10^{1,7} + 10^1 + 10^{4,5} + 10^{4,2}) = 49,5 \text{ дБ.}$$

Полученное значение не превышает допустимый уровень шума для рабочего места оператора, равный 65 дБ (ГОСТ 12.1.003-83). И если учесть, что вряд ли такие периферийные устройства как сканер и принтер будут использоваться одновременно, то эта цифра будет еще ниже. Кроме того, при работе принтера непосредственное присутствие оператора необязательно, т.к. принтер снабжен механизмом автоподачи листов.

## 2.5.7 Пожарная безопасность

### 2.5.7.1 Классы пожароопасных зон

Пожароопасной зоной называется пространство внутри и вне помещения, в пределах которого постоянно или периодически обращаются горючие (сгораемые) вещества и в котором они могут находиться при нормальном технологическом процессе или при его нарушениях.

Различают 4 класса пожароопасных зон:

- **П-I** – обращаются горючие жидкости с температурой вспышки выше 61°C. Зоны класса П-I расположены в помещениях, в которых обращаются горючие жидкости, исключающие образование взрывоопасной смеси, при воспламенении которой развивается расчётное избыточное давление взрыва в помещении, превышающее 5 кПа.
- **П-II** – выделяются горючие пыли или волокна с НКПВ более 65 г/м<sup>3</sup>. Зоны класса П-II расположены в помещениях, в которых выделяются горючие пыль или волокна, исключающие образование взрывоопасной смеси, при воспламенении которой расчётное избыточное давление взрыва в помещении превышает 5 кПа.
- **П-IIА** – содержатся твёрдые горючие вещества. Зоны класса П-IIА расположены в помещениях, в которых обращаются твёрдые горючие вещества.
- **П-III** – расположены вне помещений, содержащих горючие материалы. Зоны класса П-III расположены вне помещения зон, в которых обращаются горючие жидкости или твёрдые горючие вещества.

### 2.5.7.2 Категории помещений и зданий по взрыво- и пожароопасности

Для правильного выбора мероприятий по пожарной защите необходимо установить категорию пожарной опасности здания (сооружения). В зависимости от категории пожарной опасности здания (сооружения) и необходимой площади этажей устанавливаются степень огнестойкости здания (сооружения), количество этажей, длину пути эвакуации, необходимость устройства аварийной противодымной вентиляции, легкосбрасываемых конструкций и т. д.

Категории помещений и зданий (или частей зданий между противопожарными стенами - пожарных отсеков) производственного и складского назначения по взрывопожарной и пожарной опасности устанавливаются в зависимости от количества и пожаровзрывоопасных свойств находящихся (обращающихся) в них веществ и материалов.

Помещения и здания в соответствии с нормами технологического проектирования ОНТП 24 - 86 подразделяются на категории А, Б, В, Г и Д.

- **А** – взрывопожароопасная. Обращаются горючие газы или ЛВЖ с температурой вспышки не более 28°С в таком количестве, что могут образовать парогазовоздушные смеси, при воспламенении которых развивается избыточное давление, превышающее 5 кПа. Вещества и материалы, способные взрываться и гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом (их количество также может создать избыточное давление более 5 кПа).
- **Б** – взрывопожароопасная. Используются горючие пыли, волокна или ЛВЖ с температурой вспышки более 28 °С в таком количестве, что могут образовать пыле- или паровоздушные смеси, создающие при взрыве избыточное давление более 5 кПа.
- **В** – пожароопасная. Обращаются горючие и трудногорючие жидкости, твёрдые горючие и трудногорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом гореть, не формируя взрыва.
- **Г** – используются негорючие вещества и материалы в горячем, раскалённом или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени, а также применяют горючие газы, жидкости и твёрдые вещества, сжигаемые или утилизируемые в качестве топлива.
- **Д** – используют негорючие вещества и материалы в холодном состоянии. Допускается относить к категории Д помещения, в которых находятся горючие жидкости в системах смазки, охлаждения и гидропривода оборудования не более 60 кг в единице оборудования при давлении не более 0,2 МПа, кабельные электроподводки к оборудованию, отдельные предметы мебели на рабочих местах.

Категория взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяется для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в аппаратах и помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств, особенностей технологических процессов.

Необходимо учитывать, что в соответствии с действующими нормами определяются категории помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности только производственных и складских помещений и зданий. Для вспомогательных помещений и зданий, служебных кабинетов, конференцзалов, библиотек, столовых и т. д. категории по пожарной опасности не определяются; для них разработаны специальные нормативные документы, содержащие необходимые требования пожарной безопасности без установления категорий по пожарной опасности.

Здание относится к категории А, если в нём суммарная площадь помещений категорий А превышает 5 % площади всех помещений (или 200м). Допускается не относить здание к категории А, если суммарная площадь помещений категории А в здании не превышает 25 % суммарной

площади всех размещенных в нём помещений (но не более 1000 кв. м) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Б, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категории А; суммарная площадь помещений категорий А и Б превышает 5 % суммарной площади всех помещений (или 200 кв. м). Допускается не относить здание к категории Б, если суммарная площадь помещений категорий А и Б в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нём помещений (но не более 1000м) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории В, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категориям А или Б; суммарная площадь помещений категорий А, Б и В превышает 5 % (10 %, если в здании отсутствуют помещения категорий А и Б) суммарной площади всех помещений. Допускается не относить здание к категории В, если суммарная площадь помещений категорий А, Б и В в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нём помещений (но не более 3500м) и эти помещения оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Г, если одновременно выполнены два условия: здание не относится к категориям А, Б или В; суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г превышает 5 % суммарной площади всех помещений. Допускается не относить здание к категории Г, если суммарная площадь помещений категорий А, Б, В и Г в здании не превышает 25 % суммарной площади всех размещенных в нём помещений (но не более 5000 кв. м) и помещения категорий А, Б, В оборудуются установками автоматического пожаротушения.

Здание относится к категории Д, если оно не относится к категориям А, Б, В или Г.

### **2.5.7.3 Требования пожарной безопасности, предъявляемые к помещениям ИВЦ**

Согласно СН 512-78 к зданиям и помещениям для установки СВТИ предъявляются специальные требования по пожарной безопасности.

- Помещения для СВТИ относятся в соответствии с «Правилами устройства электроустановок» к классу пожаробезопасности **П-Па**.
- Помещения, где установлены СВТИ (серверная), от помещений другого назначения должны отделяться несгораемыми стенами (перегородками) с пределом огнестойкости не менее 0,75 ч. Двери в этих стенах и перегородках должны быть с пределом огнестойкости не менее 0,6 ч. Зону ИВЦ рекомендуется оборудовать как наиболее защищаемую. Основная и резервная серверные располагаются на разных этажах одного здания, для

сложных объектов рекомендуется размещение в разных зданиях. Для хранения магнитных носителей (резервных копий) следует использовать специальный сертифицированный сейф.

- Противодымную защиту следует проектировать в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
- Серверная (основная и резервная) и телекоммуникационная оборудуются АУГП, согласно требованиям по проектированию зданий и помещений для ЭВМ. АУГП предусматривается для помещений, где располагается оборудование управления ИВС (серверная, центр управления, процессинговый центр). Огнегасящим веществом должен быть газ, который имеет российский сертификат. Таким средством тушения может быть газ «игмер» (октафторциклобутан, хладон 318Ц) или двуокись углерода, заправленная в модули высокого давления типа МГП. Использование фреона 114В2 (тетрафтордибромэтан) и порошковых огнегасителей в этих помещениях категорически запрещено.
- Станция, МГП системы АУГП размещается в непосредственной близости от помещения серверной или в самом зале в специально оборудованном для этого шкафу. Количество баллонов с газом зависит от объема защищаемого помещения.
- Включение системы АУГП производится от датчиков раннего обнаружения пожара, реагирующих на появление дыма.
- В помещениях, оборудованных системой АУГП, должно предусматриваться:
  - отключение вентиляции при срабатывании не менее 2-х датчиков;
  - установка автоматизированных огнезадерживающих и герметизирующих заслонок и клапанов на воздуховодах;
  - удаление дыма и газа после пожара из защищаемых помещений в объеме не менее 3-х кратного воздухообмена в час, вытяжные шахты с ручным или автоматическим открыванием в случае пожара, сечение которых не менее 0,2 % площади помещения;
  - вытяжка из нижней и верхней зон (при наличии фальшпола) в соотношении 2:1.

Допускается использование переносных дымососов.

- Помещения с критичными СВТИ (кроме серверной и коммутационной) вместо АУГП могут оборудоваться только системой автоматической пожарной сигнализации и первичными средствами пожаротушения (переносными или перевозными газовыми модулями) из расчета два огнетушителя на 20 кв. м площади помещений.
- Рекомендуется помещения с критичными СВТИ оборудовать полноценной системой АУГП. Порошковые средства для СВТИ категорически противопоказаны.

- Специальные стеллажи и шкафы в серверной должны быть из негорючих материалов. Акустическая отделка выполняется из негорючих (трудногорючих) материалов.
- В серверной предел огнестойкости может быть доведен до 1,5 часа для обеспечения более высокой степени защиты от пожара.
- Помещения ИВЦ от других помещений рекомендуется отделять глухими противопожарными стенами 2-го типа или противопожарными перегородками 1-го типа и перекрытиями 3-го типа по СНиП 2.01.02-85 «Противопожарные нормы».

## Заключение

1. В разделе конструирования дипломного проекта был произведен обзор САПР, применяющихся при ТПП производства пресс-форм на ОАО «ИФО». В САД/САМ Cimatron было произведено:

- построение 3D-модели матрицы, являющейся формообразующей деталью пресс-формы для литья вкладыша под давлением;
- разработка УП для обработки матрицы на трехкоординатном вертикально-фрезерном станке с ЧПУ;
- проектирование электродов для прожигания щелевых отверстий рисунка матрицы на электроэрозионном станке;
- сборка пресс-формы для литья вкладыша под давлением.

2. Рассмотрено автоматизированное оформление технологической документации в САПР-системе КОМПАС-Автопроект на примере маршрутно-операционной карты ТП изготовления матрицы.

Также показано создание электронного архива документов в PDM-системе ЛОЦМАН:PLM на примере пресс-формы для литья вкладыша под давлением.

После детального изучения данных программных продуктов можно утверждать, что их использование обеспечит значительное сокращение сроков конструкторского проектирования и технологической подготовки производства и гибкость производства при выпуске широкой номенклатуры продукции, в том числе малыми сериями. Рассмотренные программные средства способны выполнить весь спектр задач, связанных с запуском нового изделия в производство и внесением изменений в уже выпускаемое изделие.

3. В разделе технологического проектирования разработан новый ТП изготовления матрицы, позволивший значительно уменьшить трудоемкость изготовления за счет выполнения всей механической обработки, которая ранее осуществлялась на 5 различных станках, на одном высокоскоростном фрезерном обрабатывающем центре G 996V фирмы FIDIA.

Также произведены:

- автоматизированный расчет с помощью программы KON7 припусков и межпереходных размеров на стадиях обработки поверхностей замка матрицы;
- автоматизированный расчет с помощью САПР-системы КОМПАС-Автопроект 9.3 режимов резания и норм времени на операции обработки поверхностей замка матрицы.

4. В разделе охраны труда дипломного проекта были изложены требования, предъявляемые к рабочему месту инженера-программиста. Созданные условия должны обеспечивать комфортную работу. На основании

изученной литературы по данной проблеме были указаны оптимальные размеры рабочего стола и кресла, рабочей поверхности, а также проведен выбор системы и расчет оптимального освещения производственного помещения, расчет уровня шума на рабочем месте инженера-программиста. Также указаны требования пожарной безопасности, предъявляемые к помещениям, где установлены СВТ.

**5.** В ходе выполнения экономической части дипломного проекта были намечены пути решения вопросов об автоматизации конструкторской и технологической подготовки производства пресс-форм покрышек на ОАО «ИФО», а также был освоен комплекс автоматизированных систем проектирования КОМПАС-3D V7 Plus, КОМПАС-Автопроект 9.3 и PowerMILL 6.008. Изучение данных продуктов было приближено к реальным условиям работы КТО цеха производства пресс-форм покрышек на ОАО «ИФО». В результате чего повысилось качество разрабатываемой документации, сократились сроки ее выпуска. Решающим показателем эффективного внедрения САПР является снижение трудоемкости проектирования. В основном только за счет этого достигается экономическая эффективность. Важным показателем, характеризующим внедрение САПР, является экономическая эффективность, которая при расчете на четырехлетний срок составляет 2 336 971,21 рублей. Срок окупаемости капитальных вложений оценивается в 9,6 месяцев.

### Список использованных источников

1. Обзор САПР: вчера и сегодня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cadcam3d@bk.ru>.
2. Сimatron it. Основные подсистемы и модули [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bee-pitron.ru>.
3. Сimatron E – новая система на российском рынке CAD/CAM [Электронный ресурс]: науч. журн. «САПР и графика», 2001. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru>.
4. Сimatron E – передовые технологии в проектировании и производстве оснастки [Электронный ресурс]: науч. журн. «CAD/CAM/CAE Observer», 2004. – Режим доступа: <http://cadcam3d.ru>.
5. КОМПАС-Автопроект – инструментальные средства САПР технологических процессов [Электронный ресурс]. – «САПР и графика», 2001. – Режим доступа: <http://www.sapr.ru>.
6. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : Т.1. – М.: Машиностроение, 1978.
7. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учеб. пособие / В.В. Бабук, В.А. Шкред, Г.П. Кривко, А.И. Медведев ; под ред. В.В. Бабука. – Минск : Выш. шк., 1987. – 255 с.
8. Справочник технолога – машиностроителя : Т.1 / Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
9. Мотузко, Ф.Я. Охрана труда / Учебник для вузов. – М. : Высшая школа, 1989. – 336 с.
10. Безопасность жизнедеятельности / под ред. Н.А. Белова. – М.: Знание, 2000. – 364 с.
11. Самгин, Э.Б. Освещение рабочих мест. – М. : МИРЭА, 1989. – 186 с.
12. Справочная книга для проектирования электрического освещения / под ред. Г.Б. Кнорринга. – Л. : Энергия, 1976.
13. Борьба с шумом на производстве: Справочник / Е.Я. Юдин, Л.А. Борисов; под общ. ред. Е.Я. Юдина. – М. : Машиностроение, 1985. – 400 с.
14. Зинченко В.П. Основы эргономики. – М. : МГУ, 1979. – 179 с.
15. Программа расчета технологических размерных цепей KON7 [Электронный ресурс]: Web-страница кафедры ТМС ЯГТУ. – Режим доступа: <http://tms.ystu.ru>

## **Приложение А**

Ведомость дипломного проекта