

Министерство образования и науки Российской Федерации
Ярославский государственный технический университет

Научный руководитель
к. т. н. доцент
Калачев О.Н.

Научно-исследовательская работа по теме:
**“Компьютерно-графическое моделирование в CAD/CAM Cimatron при
технологической подготовки машиностроительного производства”**

Работу выполнил
студент гр. МТ-56
Шибает А.В.

Ярославль 2004

Содержание

Реферат	4
Введение	5
1. Обзор литературы	7
1.1. Информация по УСП	7
1.2. Использование CAD/CAM систем в ТПП	9
2. Постановка задачи	25
3. ТПП с использованием CAD/CAM систем	26
3.1. Создание 3D модели детали “Корпус подшипника” в подсистеме CAD	26
3.2. Оформление и разрезы 3D моделей в подсистеме CAD	34
3.3. Фрезерование в подсистеме CAM	36
3.4. Сверление при токарной обработке в подсистеме CAM	43
3.5. Редактирование в подсистеме CAM	46
3.6. Проектирование приспособления в подсистеме CAD	48
3.7. Редактирование модели собранного приспособления	61
3.8. Разработка управляющих программ для станков с ЧПУ	66
3.9. Проектирование режущего инструмента в подсистеме CAD	68
4. Технологическая часть	73
4.1. Служебное назначение	73
4.2. Выбор заготовки	73
4.3. Технологичность изделия	74
4.4. Расчет промежуточных размеров и припусков	74
4.5. Определение элементов режима резания	78
4.6. Расчет технологических норм времени	79
5. Охрана труда	89
6. Экономика	98
7. Выводы и заключение	106
Список использованной литературы	107
Приложения	109
А – Спецификация к приспособлению	109
Б – Спецификация к режущему инструменту	113
В – Ведомость документов к дипломному проекту	115
Г – Плакаты	109

Реферат

Пояснительная записка – 115 с., 22 таблицы, 222 рисунков, 27 источников, 2 приложения.

CAD/CAM-СИСТЕМА, CIMATRON, ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА (ТПП), УНИВЕРСАЛЬНО-СБОРОЧНОЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЕ, ИНТЕГРАЦИЯ, УПРАВЛЯЮЩАЯ ПРОГРАММА, МОДЕЛИРОВАНИЕ.

Объект исследования: Технологическая подготовка производства с использованием CAD/CAM Cimatron^{it} 12.

Цель исследования: Изучение среды твердотельного моделирования и инструментальных средств CAD/CAM Cimatron^{it} 12, обеспечивающих автоматизацию работы конструктора при построении 3D-моделей и компоновке сборочных единиц; технолога – при конструировании оснастки, а также – подготовка управляющих программ для обработки на станках с ЧПУ на базе траекторий, построенных технологом на этих моделях, выбранных и заданных в интерактивном режиме параметрах стандартных процедур.

В проекте подробно изложена методика работы в среде Cimatron^{it} 12, а именно моделирование трехмерных моделей в подсистеме CAD, сборка приспособлений, работа в подсистеме CAM, подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ, проектирование режущего инструмента. Выполнены технологические расчеты, посчитана экономика и сделана охрана труда.

Введение

Для современного компьютерно-интегрированного производства актуально широкое использование CAD/CAM-систем при технологической подготовке производства (ТПП). Как известно, одной из основных функций инженера является проектирование изделий или технологических процессов их изготовления. Традиционно эти функции разделены как при обучении специалистов, так и на производстве. Отражая сложную практику последовательной реализации процессов конструирования и разработки технологии изготовления, системы автоматизированного проектирования (САПР) в машиностроении принято делить по крайней мере на два основных вида [1]:

1. САПР конструирования изделий;
2. САПР технологии их изготовления.

САПР конструирования изделий, которую на Западе называют CAD (Computer Aided Design), выполняет объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерный анализ, оценку проектных решений, получение чертежей.

Подготовленное описание геометрии детали вводится в систему CAM (Computer Aided Manufacturing). При этом задачей CAM является организация функционирования, например, гибкой производственной системы на основе разработки управляющей программы для станков с ЧПУ.

Выгоды от использования CAD/CAM-системы – увеличение производительности; взаимодействие конструкторских и технологических служб ускоряется за счет передачи данных между однородными системами, одинаково воспринимаемыми во всех модулях САПР; возможна параллельная работа конструкторов и технологов над одним проектом; Сетевое воздействие ускоряет проект и обеспечивает возможность виртуального режима проектирования территориально удаленным коллективам.

Одной из таких систем является Cimatron. CAD/CAM Cimatron – это интегрированная система, представляющая полный набор средств для конструирования, анализа, черчения и подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ. Удобство и быстрота освоения системы, простота в работе, единый для всех подсистем и дружелюбный интерфейс, интеллектуальная обработка ошибок, гибкость и единая база данных – вот некоторые из наиболее важных свойств системы Cimatron.

Cimatron позволяет создать компьютерную трехмерную геометрическую модель изделия, дополнять и изменять эту модель, показать ее с нужной степенью детализации. При этом виртуальная модель объекта документируется, т.е. запоминается в файле. Кроме того поскольку чертеж строится на основе проекций модели на плоскость чертежа, сохраняется ассоциативная связь чертежа с моделью, и изменение модели приводит к соответствующему изменению чертежа.

Одним из этапов подготовки машиностроительного производства является конструирование технологической оснастки, а именно, приспособлений. Для создания оснастки в условиях современного производства используются комплекты деталей универсально-сборочных приспособлений (УСП). Различное сочетание этих деталей, позволяет собрать самые различные конструкции [2].

Новая технология проектирования оснастки на базе УСП должна обеспечить возможность проверки сопряжений всех деталей, просмотр в раздвинутом положении, документирование задействованных деталей, оформление в случае необходимости чертежа [2].

Идеальной программной средой для проектирования станочных приспособлений с учетом перечисленных требований является CAD/CAM-системы, в частности, Cimatron [3].

Создание программы к станкам с ЧПУ – важная часть технологического проектирования. В модуле ЧПУ Cimatron, создается заготовка и профиль, по которым система сама рассчитывает программу фрезерной обработки с ЧПУ. Затем можно в динамике посмотреть обработку заготовки. Это ускоряет проектирование и ограждает от ошибок в программе, порчи инструмента и заготовок.

В ходе данной работы освоена система Cimatron; создана модель детали “Корпус подшипника” в модуле CAD, смоделирована ее обработка в модуле CAM для фрезерной и

сверлильной операций и получены управляющие программы для станков с ЧПУ; собрано приспособление из деталей УСП; создан режущий инструмент, то есть выполнена технологическая подготовка производства в современном безбумажном, компьютерно-интегрированном виде. Выполнены технологические расчеты: рассчитаны припуски для токарной операции, назначены режимы резания и нормы времени. Экономическая эффективность от внедрения автоматизированной ТПП составляет 2217,69 рублей. Срок окупаемости капитальных вложений оценивается в 1,66 года.

1. Обзор литературы

1.1. Информация по УСП

Для создания оснастки в условиях современного производства используются комплекты деталей универсально-сборочных приспособлений (УСП). Различное сочетание этих деталей, позволяет собрать самые различные конструкции [2]. Используются унифицированные элементы из альбомов, они разделяются на 3 вида: 8 мм, 12 мм, 16 мм. В зависимости от этого в УСП крепятся детали разных габаритов.

Новая технология проектирования оснастки на экране компьютера на базе УСП должна обеспечить возможность проверки сопряжений всех деталей, просмотр в раздвинутом положении, документирование задействованных деталей, оформление в случае необходимости чертежа [2].

Различные виды УСП, собранные во время практики на ЯМЗ в цехе коленчатых валов (ЦКВ) на участке УСП от инструментального завода представлены на рисунках 1-16 [6,7]. В ходе данной работы выполним компьютерное моделирование УСП аналогичных видов оснастки.

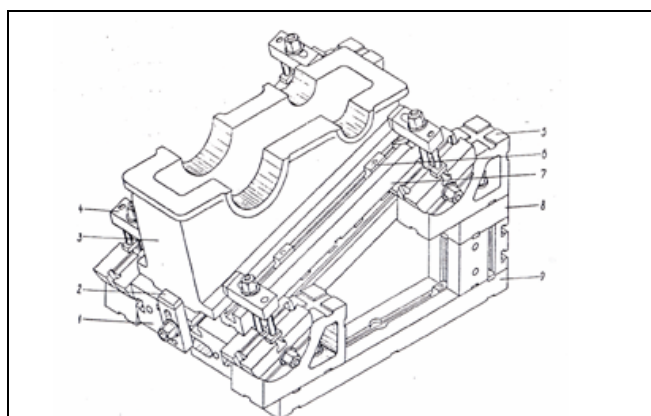


Рисунок 1

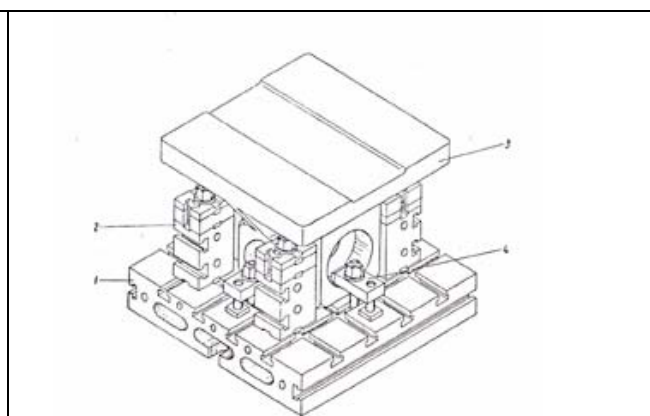


Рисунок 2

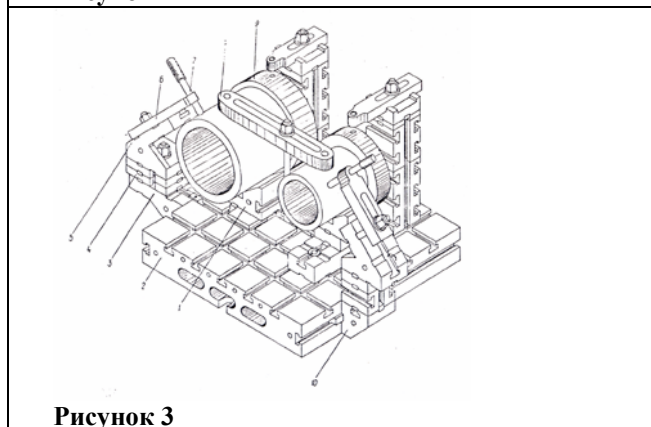


Рисунок 3

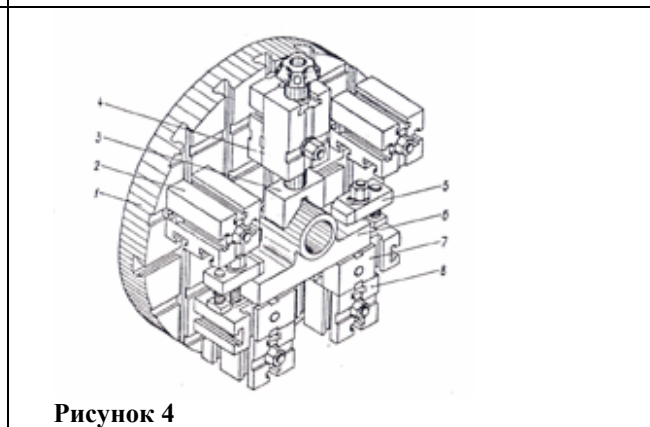


Рисунок 4

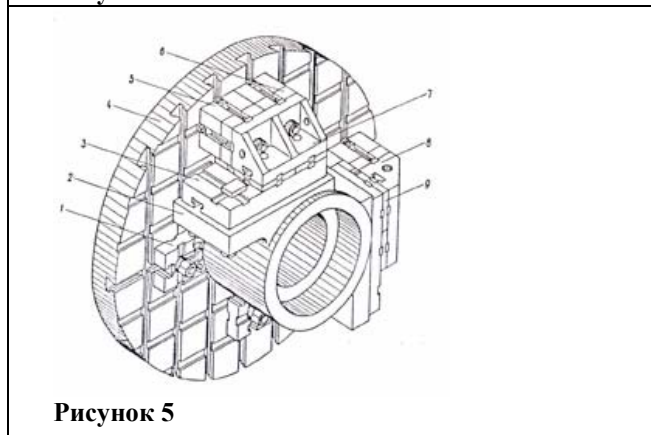


Рисунок 5

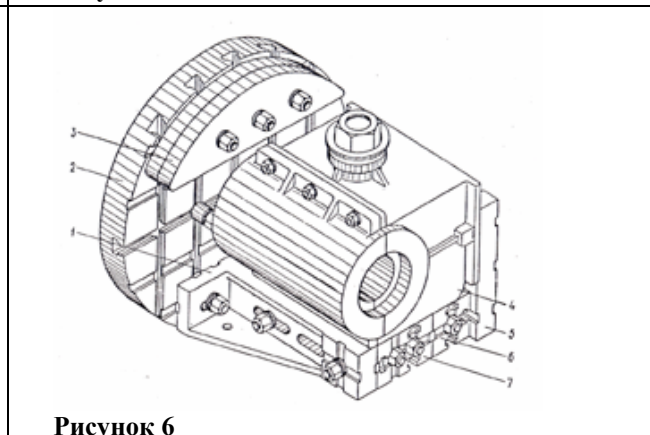
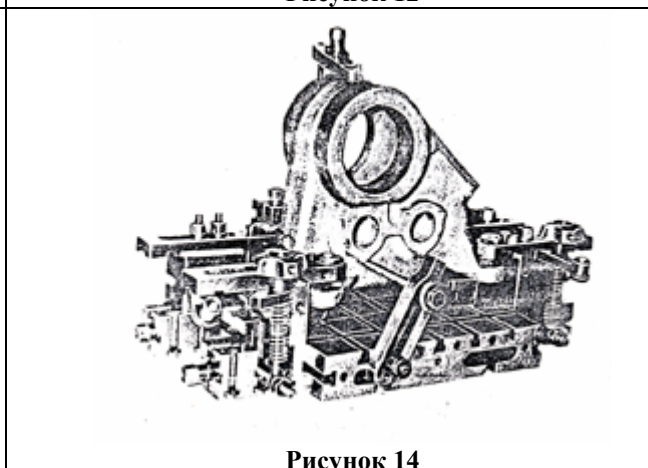
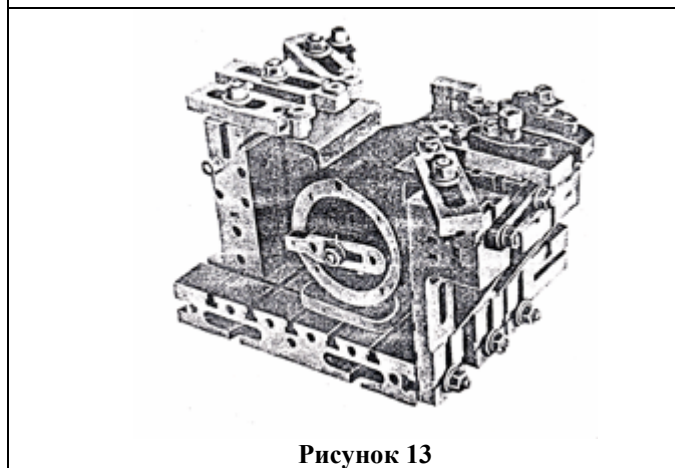
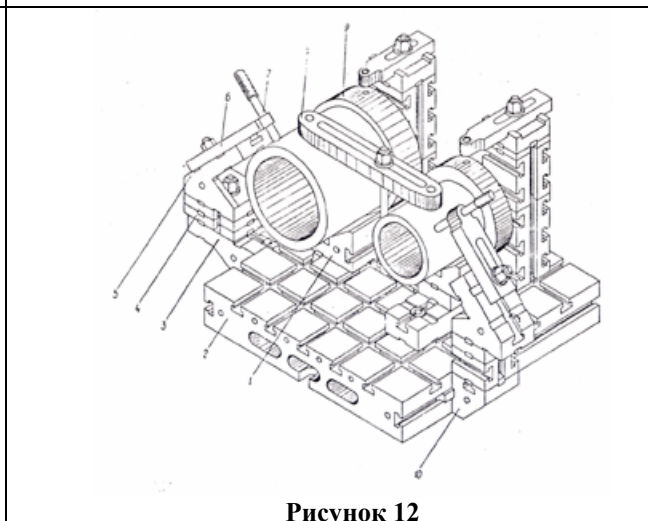
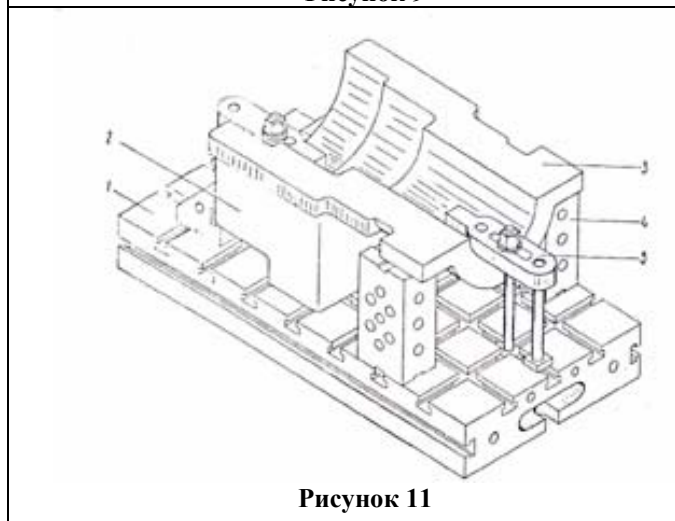
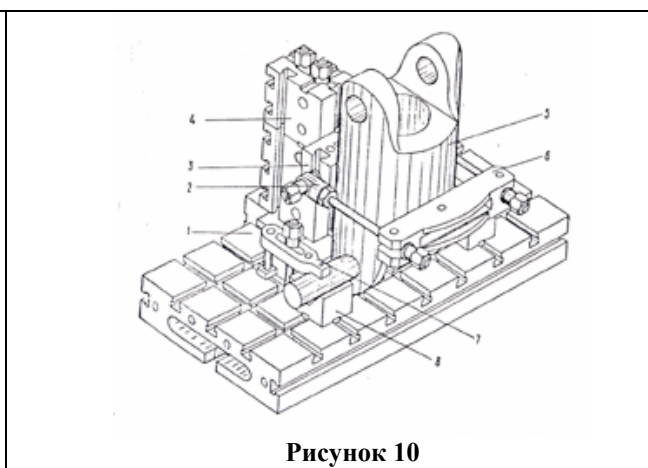
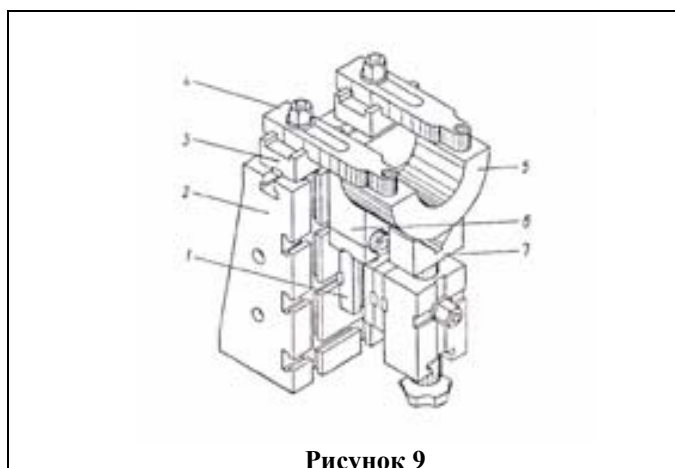
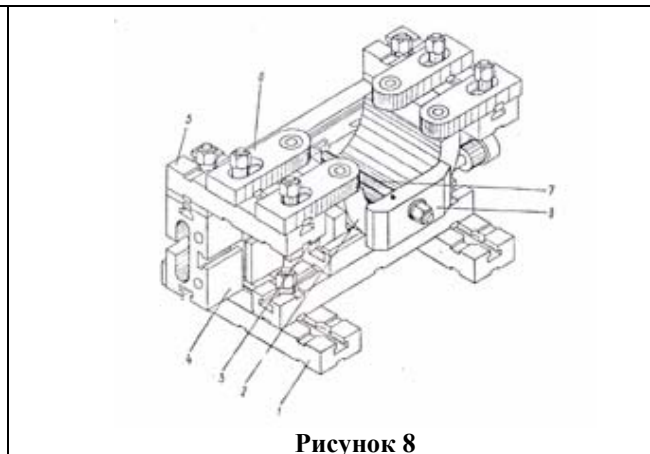
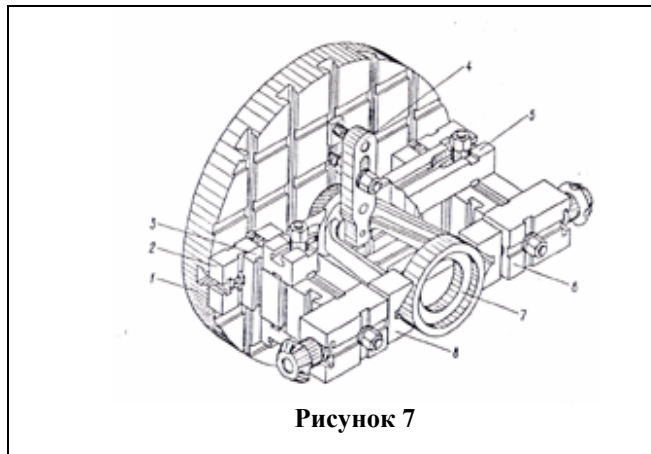


Рисунок 6



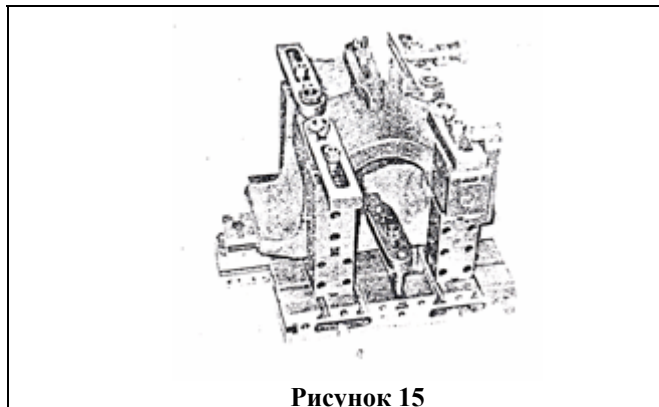


Рисунок 15

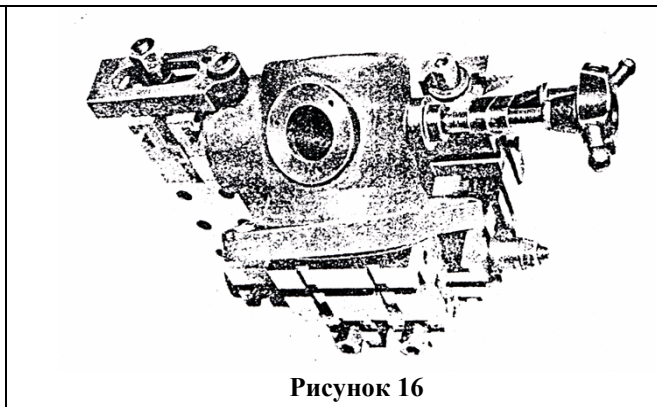


Рисунок 16

Таким образом, применение CAD/CAM систем для проектирования сборочных единиц объективно повышает качество проектирования, формализует поиск комплектующих деталей и ускоряет сборку. Особенно эффективно применение такой компьютерной технологии для гибкого, многоменклатурного производства.

1.2. Использование CAD/CAM систем в ТПП

Методы автоматизированного совершенствования технологичности конструкций изделий в интегрированных САПР

Рассмотрены некоторые аналитические методы и технологии параллельного SE-проектирования в интегрированных САПР, ориентированные на достижение определенных проектировочных требований, в частности, на повышение технологичности конструкции изделия. Описана методология системы автоматизированного проектирования DFMA, направленная на оптимизацию структуры изделия с целью повышения технологичности и снижения производственных затрат при его изготовлении. Приведены примеры использования методологии DFMA для совершенствования технологичности конструкции с позиции технологии сборки и возможности применения групповой технологии изготовления изделия или группы изделий.

Технологичность конструкции можно сформулировать как свойство конструкции, обеспечивающее получение при заданной серийности производства минимальных затрат на изготовление (стоимости) в заданных производственных условиях. Из двух конструкций одной детали, удовлетворяющей конструкторским требованиям, та будет более технологичной, которая в заданных производственных условиях обеспечит меньшие затраты на изготовление [8].

Совершенствование технологичности изделий является одним из основных факторов повышения конкурентоспособности предприятий. Идея постоянного непрерывного совершенствования находит все большее признание в мире. В более широком понимании она основывается на модернизации предприятий с целью повышения эффективности их функционирования, в более узком - на перепроектировании изделий.

Перепроектирование изделий может быть вызвано в одинаковой степени рыночными и конструкторскими причинами. В области маркетинга это связано с расширением ассортимента данного изделия с целью лучшего приспособления к требованиям потребителя, что приводит к созданию семейства модульных и сегментных конструкций. В сфере производства это связано с увеличением серийности производства для сокращения переменных затрат, что объясняется унификацией, стандартизацией и нормализацией, создающими условия для применения, в частности, групповой технологии. В сфере конструирования перепроектирование может быть направлено на исправление более или менее существенных конструкторских ошибок, незамеченных ранее, с целью обеспечения оптимального и стабильного качества или может быть нацелено на адаптацию конструкции к новым потребительским требованиям (например, связанным с нормами, касающимися защиты окружающей среды, в частности, с удобством разборки, или повторным использованием (рециклингом) изделия).

Интегрированное проектирование привело к жизни ряд аналитических технологий проектирования, ориентированных на определенные проектные требования, служащих средствами помощи общему процессу проектирования. Широкую известность во всем мире приобрела методология системы автоматизированного перепроектирования изделий DFMA (Design for Manufacture and Assembly). Это есть экспертная система, базирующаяся на упрощении конструкции изделия исходя из его структуры сборки. Пакет программного обеспечения состоит из нескольких расчетных модулей, отвечающих за производственные затраты сборки и различные виды обработки. В последующие годы добавлены также модули, касающиеся более поздних фаз жизненного цикла изделия — разборки и рециклинга.

Основной предпосылкой метода DFMA является утверждение, что сокращение числа деталей в конструкции ведет к созданию изделия, более совершенного с точки зрения производственных затрат, времени изготовления, а также его качества. С точки зрения сборки совершенное изделие состоит из меньшего числа составных элементов, что потребует меньшего времени на сборку изделия, имеет лучшее качество, а также меньше вероятность получения неправильно собранного изделия. Поскольку это утверждение не во всех случаях является правдивым, особенно если это касается общих (суммарных) производственных затрат, дополнительные технологические модули программного обеспечения позволяют рассчитать стоимость (производственные затраты) составляющих деталей изделия. Подробное описание программного обеспечения DFMA можно найти в многочисленных публикациях [9—12].

Процедура анализа конструкций с помощью методологии DFA (Design for Assembly) основывается на исследовании каждой детали с точки зрения ее необходимости для обеспечения функционирования всего изделия. Все остальные детали, по крайней мере теоретически, могут быть ликвидированы или же объединены с необходимыми деталями. Мерой эффективности процесса сборки и степени сложности конструкции является так называемый показатель DFA [13]:

$$DFA = (3NM/TM) \cdot 100 \%,$$

где NM — теоретически минимальное число деталей, обеспечивающих правильное функционирование собранного изделия; TM — суммарное прогнозируемое время сборки; 3 — идеальное время сборки (3 с на одну деталь).

Показатель DFA для данного конкретного изделия может улучшиться только в результате ликвидации ненужных деталей или операций и помех при сборке. Этот показатель представляет собой качественную оценку конструкции изделия с точки зрения эффективности сборочного процесса. Исследования связи между качеством изделия и упрощением его конструкции, проведенные фирмой Motorola, показывают повышение качества после внедрения метода DFMA [14]. На рис. 17 показана зависимость редукции числа деталей, выраженной через показатель DFA, от качества, измеряемого числом бракованных деталей на 1 млн шт. Каждая точка на графике представляет определенное изделие фирмы Motorola.

Из опыта использования этого программного обеспечения установлено, что если показатель DFA меньше 20 %, предполагаемый процесс сборки проектируемого изделия следует считать неэффективным и принять к анализу следующий вариант этого изделия [11].

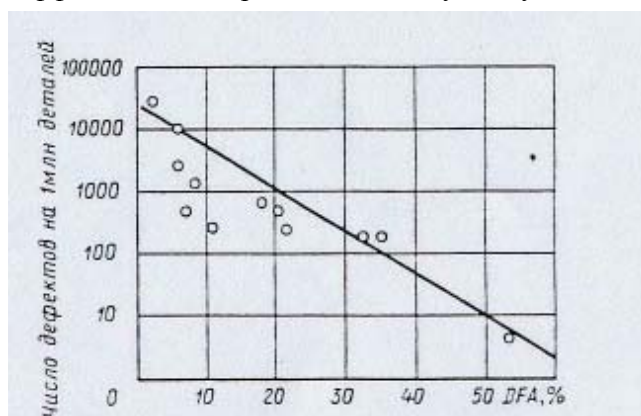


Рисунок 17. Влияние редукции деталей на повышение качества на примере изделий формы Motorola



Рисунок 18. Концепция системы автоматизированного проектирования на базе методологии DFMA

Широкое применение этого программного обеспечения ведущими фирмами в мире стало причиной развития ряда концепций проектирования, базирующихся на методологии DFMA. Большая часть концепций автоматизированного проектирования базируется на трех составляющих методиках: с точки зрения сборки — DFA; обработки — DFM (Design for Manufacture); конкурентоспособности — DFC (Design for Competitiveness).

На рис. 18 представлена схема автоматизированного проектирования на основе методологии DFMA [11, 14, 15]. Модуль автоматизированного проектирования процессов сборки СААРР (Computer Aided Assembly Process Planning) на основе модели составляющих элементов собираемого изделия, находящихся в модуле CAD (Computer Aided Design), генерирует очередность сборки. Затем изделие поддается анализу DFA с учетом возможных предложений по изменению конструкции составляющих элементов. Генерированное этим способом правильное с точки зрения сборки изделие в следующую очередь поддается анализу DFM, а возможные конструкторские изменения вводятся в модуль CAD. Анализ DFM позволяет оценить затраты, которые учитывают процесс изготовления и применяемые материалы. Альтернативные проекты разрабатываемого изделия, сгенерированные во время анализов DFA и DFM, с помощью модуля DFC сравниваются между собой и с данными конкурентных изделий, используя базы данных, состав которых может изменяться в зависимости от требований проектировщика. Содержащаяся в них информация обращает внимание группы проектировщиков на собираемость различных вариантов всего изделия, затраты на реализацию (производственные затраты) и конкурентоспособность выбранных вариантов изделия по отношению к подобным изделиям, существующим на рынке. Как следствие системного видения конструкции изделия, группа проектировщиков может упростить изделие, изменить вид применяемых конструкторских материалов, упростить структуру и очередность сборки, упростить технологию обработки и т. д.

Метод DFMA создает возможности для роста творческих и рационализаторских способностей, давая одновременно проектировщикам солидные и авторитетные данные, позволяющие выбрать изделие лучшего качества и надежности. Возможность быстрого выявления лишних элементов, уточнения трудоемкости и стоимости изделий в совокупности приводят к росту конкурентоспособности изделий на рынке.

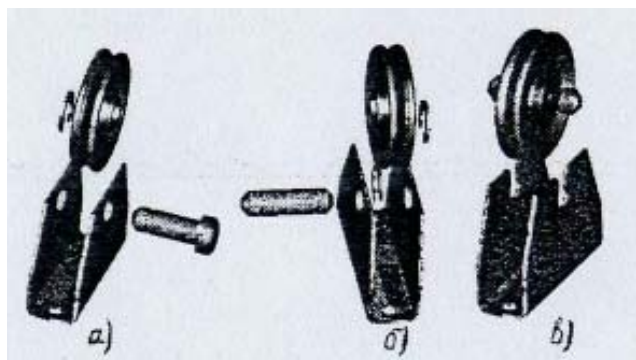


Рисунок 19. Существующие (а, б) и новое (в) конструкторские решения опорного ролика

Рассмотрим пример проектирования опорного ролика на базе методологии DFMA в соответствии со схемой на рис. 18. В модуле CAD использовано программное обеспечение трехмерного проектирования американской фирмы Solid Works 97. Результаты исследований приведены в работе [14].

Анализу подвергнут опорный ролик (диаметр колеса $D = 32$ мм), широко применяемый в прецизионных устройствах и механизмах, в частности в ременных передачах малой мощности. "Маркетинговые исследования рыночных потребностей в опорном ролике этого типа и внутренние производственные возможности определили необходимость его изготовления в течение 5 лет в количестве 100 тыс. шт. в год. После анализа технологических возможностей установлен размер партии составляющих элементов, отвечающий производственным требованиям серийности и составляющий 10 тыс. шт. Из множества вариантов конструкций, существующих на рынке, за основу проектирования были приняты две концепции решения (рис. 19, а, б).

Конструкция на рис. 19, *а* состоит из четырех деталей (корпус, ось, колесо, стопорное кольцо) и имеет показатель DFA, равный 22,6 %. Конструкция на рис. 3, *б* имеет гладкую симметричную ось, более дешевую в изготовлении (на 0,04 у.е.), но большее число составляющих деталей из-за наличия двух стопорных колец. Показатель DFA для этого опорного ролика имеет худшее значение — 17,2 %. В обоих случаях сборка связана с некоторыми трудностями, поскольку требует ориентирования корпуса и колеса относительно определяющей оси. Для насадки стопорных колец в процессе сборки требуется дополнительная трудоемкая операция изменения положения сборочной единицы. Теоретически минимальное число деталей, рассчитанное программой, составляет 2.

На основе анализа предыдущих конструкций разработана новая концепция решения (рис. 19, *в*). Учитывая, что для 90 % исследуемых опорных роликов этого типа реакция силы ремня направлена в сторону крепления корпуса, предложено соединение типа пружинного замка, использующее упругие свойства корпуса из листового металла. Новая конструкция, состоящая из трех деталей, создает возможности эффективной узловой и последовательной сборки и роста показателя DFA, составляющего в этом случае 51 %. Результаты анализа DFMA рассматриваемых решений приведены в табл. 1

При оптимизации конкурентоспособности конструкций опорного ролика заметно влияние основного принципа методологии — редукции числа составляющих деталей — на улучшение основных показателей конкурентоспособности изделий.

Таблица 1

Параметр	Концепция решения			Идеальное решение
	Рис. 3, <i>б</i>	Рис. 3, <i>а</i>	Рис. 3, <i>в</i>	
Число деталей	5	4	3	2
Показатель DFA, %	17,2	22,6	51	100
Затраты на сборку, у. е.	0,57	0,43	0,19	0
Полные производственные затраты, у. е.	2,44	2,27	1,93	0

На рис. 20 представлено сравнение затрат на сборку опорных роликов с выделением составляющих затрат (%), генерируемых программой. Затраты на сборку соединительных деталей, обеспечивающих деталей и изменение положений являются ненужными затратами, поскольку теоретически могут быть ликвидированы путем перепроектирования конструкции. Из табл. 1 видно, что наилучшие показатели имеет новая конструкция (см. рис. 19, *в*).

Интересную информацию дает также сравнение затрат внутрисистемных рабочих функций Л, F2 и F3 (рис. 21), где приводится процентное отношение составляющих затрат главной функции Л — обеспечение направления приводного ремня с помощью колеса — в общих функциональных затратах. Интеграция деталей приводит к редукции затрат ненужной по своему существу функции F3 — ориентация и вращение вала, — выполняемой в наилучшем конструкторском решении исключительно самой осью, а в наихудшем — осью и двумя стопорными кольцами. Затраты функций F2 — закрепление опорного ролика (исполняется корпусом) — для всех конструкций одинаковы. Дальнейшей редукции затрат вероятнее всего можно было бы достичь, интегрируя функцию F3 с другой функцией путем объединения носителей этих функций, например оси с корпусом или оси с колесом. Можно было бы этим способом сократить число составляющих деталей до теоретически минимального числа (до двух), рассчитанного программой.

К настоящему времени опубликовано много работ, посвященных оптимизации проектирования конструкции изделия. В большинстве из них в первую очередь рассматривается оптимизация исполнения или функциональных особенностей машин. Однако не менее важным требованием, предъявляемым к изделию, является максимально низкая себестоимость его изготовления.

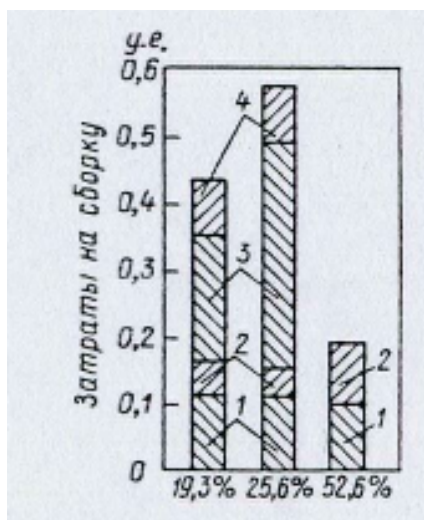


Рисунок 20. Соотношение затрат на сборку необходимых (1), соединительных (2), обеспечивающих (3) деталей и затраты на изменение положения деталей (4) для конструкций опорных роликов соответственно рис. 19, а, б, в

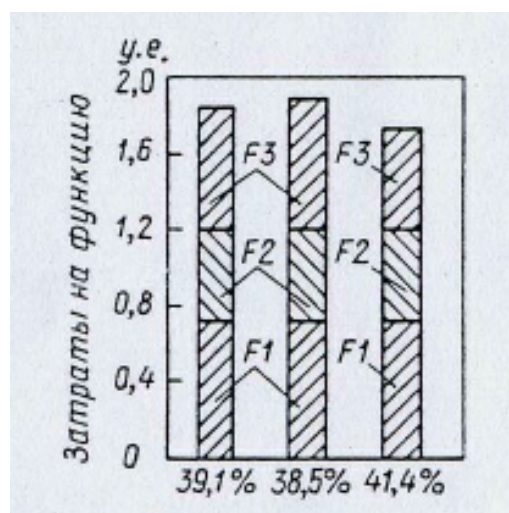


Рисунок 21. Соотношение функциональных затрат (%) для конструкций опорных роликов соответственно рис. 19, а, б, в

Групповая технология играет важную роль в снижении себестоимости продукции. Групповая технология — это и техника, и философия, направленные на повышение производительности труда путем группирования разных деталей, имеющих различие в конструктивном отношении, но подобных в технологическом плане.

Главные факторы, снижающие себестоимость изготовления изделий при групповой технологии, — упрощение процессов планирования и управления и изменение типа производства от мелкосерийного до массового.

Несколько партий деталей группируются и изготавливаются последовательно, поэтому можно использовать одинаковые установочно-зажимные приспособления и режущий инструмент, сокращается время наладки и снижается себестоимость каждой партии. Указанные факторы ведут к повышению производительности и снижению себестоимости производства. Широкое использование одинаковых или сходных деталей машин в производстве продукции или партии изделия ведет к снижению себестоимости. Однако использование групповой технологии влечет за собой некоторое снижение производительности проектируемых машин.

Таблица 2

Этап	Группирование деталей машин в единичном изделии	Оптимизация различных изделий в партии
1	Создание базовых моделей, состоящих из упрощенных деталей машин или узлов	
2	1 Группирование деталей машин	Оптимальные изменения конструкции для каждого вида изделий
	2 Минимизация целевой функции в каждой группе	
3	1 Выбор оптимальных конструктивных решений путем минимизации целевой функции	Группирование деталей машин различных изделий путем минимизации целевой функции
	2 Практическая реализация структуры машин	

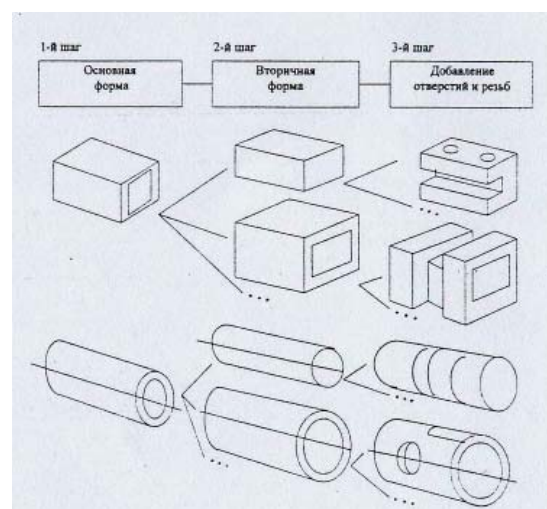


Рисунок 22. Схема упрощенных деталей, их классификация и кодирование, введение соответствующих геометрических элементов

Процесс оптимизации структуры изделия при использовании принципов групповой технологии состоит из трех этапов: 1 — упрощения; 2 — оптимизации; 3 — реализации. При этом применяется метод оптимизации

проектирования с использованием упрощенных структурных моделей машин [16]. В табл. 2 показано действие метода оптимизации проектирования при минимизации целевых функций.

Использование в процессе оптимизации упрощенных структурных моделей облегчает применение одинаковых или сходных деталей машин, так как точная форма определяется на этапе реализации (рис. 22). Кроме того, использование упрощенных структурных моделей позволяет:

уменьшить число конструктивных различий после упрощения структуры машины, что повышает эффективность использования материала при оптимизации методов математического программирования;

уменьшить возможность плохой сходимости в локальном оптимуме по сравнению с множеством задач оптимизации проектирования, когда целевая функция и ограничения имеют нелинейный вид;

осуществлять выбор из большого числа вариантов конструкций, что значительно улучшает значение целевой функции.

Детали машин группируются путем анализа входящих в них конструктивно-технологических элементов (рис. 23).

При упрощении все детали разделяются на две основные группы по типу базового конструктивно-технологического элемента: призматические и осесимметричные. Одна из этих основных форм выбирается как упрощенная модель детали.

При оптимизации устанавливаются размеры и внутренняя форма деталей. В соответствии со степенью различия в форме и размерах детали машин разбиваются на более узкие группы. На этапе реализации учитываются дополнительные сведения об особенностях формы детали и функциональных требованиях, не рассматриваемых на этапе оптимизации. Эти особенности заключаются в различных дополнительных конструктивно-технологических элементах (выточки, пазы, канавки, фаски, резьбы и др.), параметрах шероховатости и т. д. В зависимости от степени различия технологических процессов изготовления детали машин, сгруппированные на этапе оптимизации, могут быть разделены на группы, которые учитывают их специфические особенности.

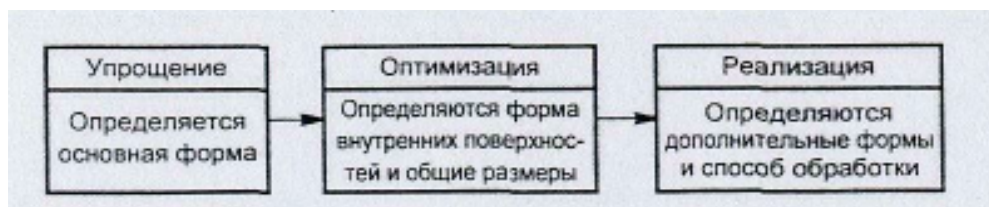


Рисунок 23. Последовательность процесса проектирования

При группировании деталей в единичном изделии процесс оптимизации проходит в такой последовательности:

1. *Упрощение.* Реальная структура машины преобразуется в упрощенную модель с характеристиками, аналогичными реальной структуре. Упрощенные структурные единицы представляют собой детали типа призмы и цилиндра.

2. *Оптимизация.* Во время этапа 2—1 группируются детали полученной упрощенной модели машины в соответствии с основными функциональными требованиями (группы типа: шестерни, подшипники, шпиндели, ступицы и валы и т. д.) и основными характеристиками поверхностей деталей машины (группы типа: детали — тела вращения или детали — не тела вращения, шероховатость поверхностей и т. д.).

При оптимизации параметров деталей учитываются такие факторы, действующие на конструкцию, как стоимость, масса, трение, выносливость, ударная прочность, статическая и вибрационная устойчивости, термическая деформация, уровень шума и т. д. При однокритериальной оптимизации один из этих факторов выбирается в качестве целевой функции $\psi > 0$, остальные факторы ограничиваются максимальным и минимальным значениями и принимаются в качестве ограничений ψ_i ($i = 1, 2, \dots, k$), где k — число ограничений.

Цель оптимизации при этом формулируется в следующем виде: минимизировать или максимизировать ψ_0 при ограничениях $\psi_i < 0, i = 1, 2, \dots, k$.

Процесс оптимизации состоит в изменении параметризованных геометрических и конструктивных параметров оптимизируемых моделей деталей в допустимых пределах, с определенным шагом, с одновременным контролем соблюдения ограничений ψ_i . Из полученного множества возможных конструкций изделия выбирается вариант с минимальным (максимальным) значением целевой функции ψ_0 и принимается в качестве окончательного.

Когда требования к изготовлению или характеристикам изделия выражены через целевую функцию, случай группирования, имеющий наилучшее значение целевой функции ψ_{0m} , как правило, соответствует варианту m , в котором детали машины имеют максимум конструктивных различий. Целевая функция ψ_{0j} получается проведением оптимизации всех оставшихся вариантов, кроме m . Затем вычисляется величина приращения (или убывания для задач максимизации) целевой функции:

$$\Delta\psi_{0j} = |\psi_{0j} - \psi_{0m}|$$

3. *Реализация.* Величина приращения целевой функции ψ_{0j} рассчитывается для всех случаев ($j \neq m$) группирования. Из всех случаев, при которых значение $\Delta\psi_{0j}$ меньше, чем максимально допустимое значение $\Delta\psi_0''$, случай, имеющий наименьшую стоимость (и минимальное число различий деталей машины) является оптимальным решением (сочетанием деталей машины). Если максимально допустимое значение $\Delta\psi_0''$ очень велико, все детали машины могут быть одинаковыми или сходными.

Для практической реализации машинных структур на основе принятого решения на этапах 3—2 исследуются формы и размеры деталей изделия, конечные размеры уточняются с учетом требований, не учтенных на этапе оптимизации.

Сходные детали могут различаться по форме в зависимости от дополнительных требований. Эти различия вызываются различиями во внутренних формах, в очертаниях внешней поверхности машины, наличии поперечных отверстий, резьб и т. д. В соответствии со степенью различия в процессе производства детали машины, сгруппированные на этапах 2—1, можно подразделить на группы, в которых учитываются более специфические особенности. При этом особое внимание следует уделить тому, чтобы в оптимизированном варианте были удовлетворены требования прочности и надежности конструкции. Такие характеристики, как концентрация напряжений и локальные деформации, которые могут быть вызваны изменениями в конструкции при ее оптимизации, должны быть проверены.

При использовании стандартных деталей выбирается деталь с конструктивными параметрами, наиболее близкими к параметрам оптимизированной конструкции, проверенная ограничениями на этапе оптимизации и оцениваемая ростом целевой функции.

Вывод

Методология DFMA считается по мнению авторов работ [11, 17—19] важнейшей составляющей параллельного СЕ-проектирования. Источником успеха DFMA является возможность анализа технологичности конструкции уже на ранних этапах проектирования, до того как определены затраты на производство изделия. Как показывают практические результаты применения, кроме редукиции затрат использование методологии DFMA вносит значительный вклад как в улучшение качества, так и в сокращение времени внедрения изделия на рынок. Применение метода DFMA не ограничивается исключительно редукицией числа деталей. По результатам ежегодной конференции "International Forum on DFMA", которые основаны на анализе 60 предприятий, метод DFMA позволяет улучшить следующим образом показатели [9], %: время проектирования изделия — до 45; масса изделия — до 31; числа деталей, соединений, сборочных операций и инструментов соответственно — до 56, 72, 54 и 69; время сборки — до 62; затраты на сборку и общие производственные — до 45 и 50; заработную плату — до 42.

Профилирование режущих инструментов в среде T-FLEX CAD-3 D

Изложена методика профилирования режущих инструментов с использованием среды T-FLEX CAD-3D, позволяющая с высокой точностью, простотой и наглядностью решать сложные расчетные задачи и облегчающая принятие оптимальных решений.

Профилирование инструмента, т. е. расчет формы и размеров его режущей кромки (или профиля), — наиболее сложная и трудоемкая задача проектирования многих видов инструментов, особенно работающих методом обката или обрабатывающих детали с фасонным профилем, в том числе винтовые цилиндрические и конические поверхности с постоянным или переменным шагом.

Современные средства программного обеспечения в сочетании с резким увеличением быстродействия компьютеров позволяют использовать новые методы и подходы к решению задач профилирования, в том числе осуществить их визуализацию, т. е. графическое отображение не только результатов проектных или исследовательских задач, но и процесса их решения. Визуализация профилирования как на этапе формирования

исходных данных по профилю обрабатываемой детали, так и в процессе получения профиля режущего инструмента сокращает время и повышает качество проектирования режущего инструмента за счет рассмотрения большого числа вариантов (при изменяющихся параметрах установки инструмента относительно детали) и решения обратной задачи (т.е. профилирования детали инструментом с заданным профилем).

Набор средств, предлагаемых T-FLEX CAD-3D, позволяет в значительной мере реализовать указанный подход. Профилирование в среде T-FLEX CAD-3D осуществляется в три этапа:

1. Создание параметрической графической модели профиля обрабатываемой детали (в данном случае профиля винтовой конической поверхности) — чертёж профиля, элементы которого задаются в среде редактора переменных (табл. 3) и находятся в функциональной связи как между собой, так и с внешними (исходными) параметрами.

2. Формирование кинематических связей процесса формообразования; может быть реализовано в среде редактора переменных с помощью функциональных зависимостей между переменными, описывающими согласованное изменение подвижных координат, связывающих инструмент и обрабатываемую деталь, или с использованием команды построения "параметры функции" (табл. 4), предназначенной для создания линий построения, заданных математической зависимостью. В обоих случаях в качестве изменяемого параметра выступает основная переменная (угловая или линейная величина), характеризующая изменение положения систем координат.

Таблица 3

**Входные параметры профиля детали
в редакторе переменных**

Имя	Значение	Комментарий
1. α	0.174533	Угол конуса
2. β	18	Наружная конусность
3. γ	0.017453	Наружная конусность
4. δ	122.5	Угловая координата точки профиля
5. ϵ	38.1	Наружный радиус конуса
6. ζ	38	Угловая координата конуса
7. η	0.057167	Параметр конуса
8. θ	0.057167	Параметр конуса
9. ι	12.0568	Параметр конуса
10. κ	12.0568	Параметр конуса
11. λ	12.0568	Параметр конуса
12. μ	12.0568	Параметр конуса
13. ν	12.0568	Параметр конуса
14. ξ	12.0568	Параметр конуса
15. $\omicron$	12.0568	Параметр конуса
16. π	12.0568	Параметр конуса
17. ρ	12.0568	Параметр конуса
18. σ	12.0568	Параметр конуса
19. τ	12.0568	Параметр конуса
20. υ	12.0568	Параметр конуса
21. ϕ	12.0568	Параметр конуса
22. χ	12.0568	Параметр конуса
23. ψ	12.0568	Параметр конуса
24. ω	12.0568	Параметр конуса
25. ϑ	12.0568	Параметр конуса
26. ϑ	12.0568	Параметр конуса
27. ϑ	12.0568	Параметр конуса
28. ϑ	12.0568	Параметр конуса
29. ϑ	12.0568	Параметр конуса
30. ϑ	12.0568	Параметр конуса

Таблица 4

**Параметрические уравнения кинематики
формирования детали**

Имя: проф.конич.винт. Тип: Параметрическая

X = $((r \cdot p \cdot \tan(\alpha) \cdot \sin(\theta + \beta)) \cdot \cos(\theta + \beta) \cdot \sin(\theta + \beta))$

Y = $((r \cdot p \cdot \tan(\alpha) \cdot \sin(\theta + \beta)) \cdot \cos(\theta + \beta) \cdot \cos(\theta + \beta))$

Начало: 0.5 Конец: 0.5

Способ создания полилинии: ☒ Постоянный шаг Число шагов: 50

☒ Оптимальный по кривизне Допуск: 0.01

☒ Создать сплайн по полилинии

Количество: 5

Уровень: 0 Слой: Основной

Цвет: ☐ По умолчанию

3. Построение искомого профиля; зависит от границ и шага изменения основной переменной и реализуется через команду "анимация" (табл. 5), которая позволяет визуально контролировать процесс получения профиля.

Предложенная методика реализована для ряда инструментов, в том числе:
профилирования дискового инструмента для обработки винтовой канавки концевой фрезы (табл. 6);
определения профиля винтовой канавки по заданному профилю дискового инструмента;
профилирования червячной фрезы для обработки шлицевого валика;
профилирования шлицевого валика червячной фрезой.
В большинстве случаев профилирование обкатного инструмента реализуется в виде прямой задачи, когда профиль инструмента находится (рассчитывается) при заданном профиле изделия. В табл. 7 приведены исходные данные, определяющие параметры конструкции шлицевого валика и движения обкатки, связанные переменными с линиями построения на чертеже валика. Реализованный в результате обкатки профиль фрезы закоординирован относительно начальной прямой, что позволяет использовать эту линию в качестве базовой при построении профиля фрезы как огибающей семейства кривых.

Таблица 5
Параметры движения инструмента
В команде «анимация»

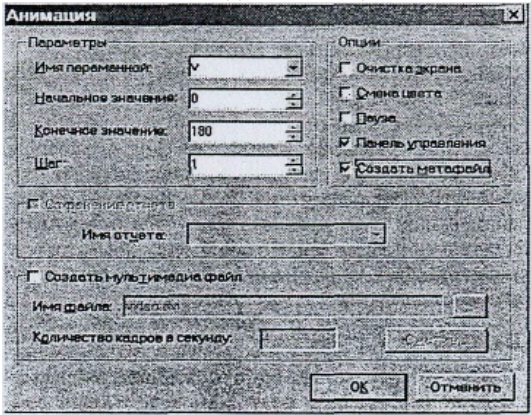


Таблица 6
Исходные данные (размеры) винтовой канавки концевой фрезы

установочный диаметр фрезы	20
шаг винтовой канавки	108.83
число зубьев	4
угол конуса	10
глубина канавки	5
радиус дна канавки	3
передний угол	10
задний угол	10
ленточка	1.5
межосевое расстояние	40
угол скрещивания	59

Таблица 7
Исходные данные (размеры) шлицевого валика

число шлицев	6
внутренний диаметр	25.5
наружный диаметр	30
ширина шлица	6
фаска на вершине шлица	0.3
диаметр дна выкружек	24.6
ширина площадки "а"	3.85
диаметр начальн.окр.	28

Проверка полученного профиля на отсутствие подрезания и определение влияния его расположения относительно начальной прямой на профиль валика производится при решении обратной задачи, т. е. при расчете профиля валика при известном профиле инструмента. Исходными данными являются параметры, связанные переменными с конструкцией, расположением и движением фрезы.
При нулевом смещении профиля фрезы относительно начальной прямой получается валик с прямобочным профилем. При положительном смещении профиль валика получается "заваленным" у вершин. При отрицательном смещении профиль валика получается "поднутренным" у основания шлица.

Профилирование дисковых инструментов для обработки цилиндрических и конических винтовых поверхностей начинается с ввода исходных данных, перечень которых приведен в табл. 4. Исходные данные связаны с переменными (см. табл. 3), описывающими параметрический чертеж торцового сечения концевой фрезы. Командой построения "функция" (см. табл. 4) задается семейство кривых, представляющих собой круговые проекции винтовых линий, образованных точками профиля, на проходящую через ось дисковой фрезы плоскость. Огибающая полученного семейства кривых и является искомым профилем.

При решении обратной задачи командой "функция" задается семейство кривых, представляющих собой след от пересечения окружностей, образованных точками профиля дисковой фрезы, с плоскостью торцового сечения, совершающей винтовое движение вокруг оси обрабатываемой детали. Профиль торцового сечения обрабатываемой детали представляет собой огибающую семейства указанных кривых.

Приведенная методика профилирования режущих инструментов, в том числе работающих методом обкатки, характеризуется высокой точностью, наглядностью, простотой, понятным интерфейсом, что ускоряет работу конструктора и существенно облегчает выбор оптимального решения.

Компьютерная разработка многооперационной технологии изготовления длинномерных деталей

Предложен алгоритм построения многооперационного технологического маршрута изготовления деталей, основанный на оптимизированном выборе последовательности из предварительно заданного избыточного перечня технологических операций, в том числе альтернативных, описываемых как объекты с передаточными функциями, свойствами и ограничениями.

Длинномерные осесимметричные детали (детали гидропривода, нефтедобывающего оборудования, разнообразных машин и механизмов) достаточно распространены в различных отраслях техники. Технология изготовления таких деталей многооперационна и требует применения специального оборудования и инструмента, отработки режимов обработки, а точность их изготовления зачастую определяет работоспособность всего изделия. При разработке технологии ориентируются на имеющийся производственный опыт, что не всегда приводит к оптимальным результатам, особенно в условиях выбора поставщиков заготовок, полуфабрикатов и при наличии технологических возможностей альтернативного маршрута изготовления. Если, например, можно выбрать один из нескольких видов заготовок, две и более разновидностей термообработки, которые в свою очередь различаются степенью деформации детали и требуют (или не требуют) дополнительной правки заготовок и разной последующей обработки, то число вариантов технологического маршрута может быть столь велико, что от их перебора и сопоставительного анализа заведомо откажутся в пользу традиционного.

Сделать процедуру выбора и оптимизации технологического маршрута обработки доступной и привычной поможет автоматизация проектирования технологии. Разработанные и описанные ниже алгоритм и компьютерная программа выбора и оптимизации технологического маршрута изготовления длинномерных деталей основаны на потоковой обработке информации о технологических операциях.

В ходе обработки изменяются различные характеристики детали: твердость материала, диаметры, шероховатость поверхности, отклонение оси от прямолинейности и др. По влиянию на каждую из этих характеристик технологические операции можно разделить на два вида: формирующие, для которых корреляция значений характеристики до и после выполнения операции незначима, и преобразующие, передаточные функции которых определяются физическими особенностями технологической операции.

Каждую операцию можно представить объектом со следующими свойствами:

условия осуществления (требования к твердости, шероховатости и другим характеристикам, получаемым предшествующими операциями);

условия совместимости с предшествующими операциями;
 передаточные функции или числовые значения выходных характеристик;
 формула или иное представление зависимости затрат на проведение операции от характеристик материала, размеров и точности изготовления, или фиксированные затраты.

Технологический маршрут рассматривается как последовательность элементов P_i , $i = 1, 2, \dots, n$, где P_i — технологическая операция, занимающая i -ю позицию в перечне технологических операций, либо копирование свойств предыдущего элемента P_{i-1} .

Такой подход позволяет перейти от изучения единого технологического процесса к исследованию и описанию отдельных операций, предоставив их интеграцию информационным технологиям. Критерий оптимальности формируется в зависимости от поставленной цели. Это может быть минимизация себестоимости изготовления (стоимости заготовки и затрат на технологические переделы), минимизация длительности цикла обработки, затрат на технологическую подготовку производства и др.

Работа программы организуется в интерактивном режиме. Разработчик технологического процесса формирует избыточную последовательность технологических операций из имеющихся в базе данных, причем на каждом этапе можно указывать подряд несколько вариантов операций. Одновременно уточняются количественные характеристики свойств технологических операций: программа предлагает значения, пересчитываемые применительно к масштабу обрабатываемой детали, и разработчик соглашается с ними или устанавливает свои данные. Вводятся основные размеры готовой детали (длина, наружный D и внутренний d диаметры), требования к свойствам материала (HRC) и качеству обработки поверхности (Ra). Программа анализирует полноту введенного перечня операций и достаточность их для получения требуемых характеристик готовой детали, проводит формально-логическую проверку последовательности операций, предлагая исключить несовместимые сочетания. Все несоответствия устраняются в интерактивном режиме. Таким образом, формируются условия выполнения анализа и оптимизации технологического маршрута.

Расчет характеристик предполагаемого технологического процесса проводится в два прохода: при изменении твердости материала, точности и качества обработки — от первой операции до заключительной и изменении диаметров — от готовой детали к исходной заготовке.

Передаточные функции технологических операций в линеаризованной форме описываются зависимостями вида

$$y_i = y_{i-1}(1 - x_i) + k_i y_{i-1} x_i + u_i x_i,$$

где y_i — значение рассматриваемой характеристики детали после выполнения i -и операции; i — последовательный номер возможной операции в перечне, выбранном разработчиком технологического процесса; x_i — переменная, определяющая статус операции: при $x_i = 1$ операция выполняется, при $x_i = 0$ — нет; k_i — коэффициент чувствительности результата выполнения операции к предшествующему состоянию: при $k_i = 1$ имевшаяся ранее характеристика полностью включается в результат выполнения рассматриваемой операции, при $k_i = 0$ — не влияет на достигаемый результат; u_i — формирующая характеристика рассматриваемой технологической операции.

При известном перечне возможных технологических операций маршрут изготовления определяется вектором состояния $\{x_i\}_n$ где n — число операций в перечне.

Основные размеры рассчитываются по рекуррентным формулам

$$D_i = D_{i+1} - 2t_i x_i, \quad d_i = d_{i+1} + 2t_i x_i + 2A_i x_i,$$

где D_i — наружный диаметр детали после выполнения рассматриваемой операции; d_i — внутренний диаметр; A_i — отклонение оси поверхности от прямолинейности.

Суммарные затраты на изготовление детали

$$S = F(D_0, d_0, \dots) + \sum_{i=1}^n s_i x_i$$

где $F(D_0, d_0, \dots)$ — стоимость заготовки с наружным D_0 и внутренним d_0 диаметрами и другими параметрами, определяемыми при решении задачи; s_i — затраты на выполнение и (или) подготовку i -й технологической операции.

Таким образом, выбор технологического маршрута обработки детали сводится к решению задачи $S \rightarrow \min$ при $x_i = 0$ или $x_i = 1$ ($i = 1, 2, \dots, n$), $HRC_n \geq HRC$; $Ra_n \leq Ra$ (для соответствующих поверхностей детали); $D_n = D$; $d_n = d$ и ограничениях, определяемых особенностями технологических операций.

Разнообразие вариантов расчета определяется перечнем предполагаемых технологических операций (с учетом альтернативных предложений): если в перечне n операций, то максимально возможное число вариантов равно числу размещений 2^n . Число вариантов снижается при анализе структуры технологического процесса из-за несовместимости отдельных операций (например, каждый вариант процесса может включать только одну операцию на получение заготовки) и несоответствия условий их осуществления достигаемым в рассматриваемом варианте.

Пример расчета технологического маршрута изготовления детали				
Наименование	Свойство операции			Результат расчета x_i
	результат	ограничение	характеристика	
1. Ковка (штамповка)	$Ra_i; A_i; b_i$	Другой заготовки нет	—	0
2. Черновое точение	$Ra_i; A_i; k_i$	—	t_i	0
3. Сверление	$Ra_i; A_i$	$d_{i-1} = 0, HRC_{i-1} < [HRC]$	$d_i > 0$	1
4. Ковка полой заготовки	$Ra_i; A_i; b_i$	Другой заготовки нет; $d_i > 0$	—	1
5. Трубная заготовка	$HRC_i; Ra_i; A_i; b_i$	Другой заготовки нет	$d_i > 0$	0
6. Правка	$A_i; k_i$	—	—	1
7. Черновое растачивание	$Ra_i; A_i; k_i$	$d_{i-1} > 0$	t_i	1
8. Черновое точение	$Ra_i; A_i; k_i$	—	t_i	0
9. Печная термообработка	$HRC_i; Ra_i; A_i$	$(D_{i-1} - d_{i-1})/2 < [T]$ при $d_{i-1} > 0, D_{i-1} < T$ при $d_{i-1} = 0$	—	0
10. Индукционная термообработка	$HRC_i; Ra_i; A_i$	$(D_{i-1} - d_{i-1})/2 < [T]$ при $d_{i-1} > 0, D_{i-1} < T$ при $d_{i-1} = 0$	—	1
11. Правка	$A_i; k_i$	—	—	1
12. Черновое точение	$Ra_i; A_i; k_i$	—	t_i	1
13. Черновое растачивание	$Ra_i; A_i; k_i$	$d_{i-1} > 0$	t_i	0
14. Черновое точение	$Ra_i; A_i; k_i$	—	t_i	1
15. Черновое растачивание	$Ra_i; A_i; k_i$	$d_{i-1} > 0$	t_i	0
16. Черновое точение	$Ra_i; A_i; k_i$	—	t_i	0
17. Чистовое растачивание	$Ra_i; A_i; k_i$	$Ra_{i-1} < [Ra], d_{i-1} > 0$	t_i	1
18. Чистовое точение	$Ra_i; A_i; k_i$	$Ra_{i-1} < [Ra]$	t_i	1
19. Хонингование	$Ra_i; A_i; k_i$	$Ra_{i-1} < [Ra], d_{i-1} > 0$	t_i	1
20. Шлифование	$Ra_i; A_i; k_i$	$Ra_{i-1} < [Ra]$	t_i	1

Поставленная задача относится к классу нелинейных задач целочисленного программирования с булевыми переменными x_i и не имеет эффективного алгоритма регулярного поиска решения. В связи с этим было предложено: при небольшом числе возможных операций (меньше 15) решать задачу простым перебором вариантов, что не затруднительно на современных компьютерах; при большем числе переменных — определять рациональное решение методом случайного поиска. В каждой реализации составляющие вектора состояния принимались равными значениям соответствующих разрядов двоичного разложения случайного числа, равномерно распределенного между 0 и 2^n ,

Задача выбора технологического процесса изготовления конкретной детали из 20 возможных операций, указанных в таблице в порядке ввода данных в программу, решалась случайным поиском из 5000 возможных вариантов сочетаний операций. В таблице обозначено: HRC — число твердости; Ra — характеристика шероховатости поверхности; A — отклонение оси от прямолинейности; k — ненулевые коэффициенты чувствительности к предшествующему состоянию; t — глубина резания; b — некруглость; T — толщина стенки, ограниченная прокаливается остью металла; i — порядковый номер операции; в квадратных скобках — допустимые значения.

Продолжительность расчета по разработанной компьютерной программе в экранном режиме с индикацией промежуточных результатов (без времени ввода и корректировки исходной информации): на компьютерах с процессорами AMD-K6-2-366 и Pentium-4-1600 составляет соответственно 21 и 11 с. При таком быстродействии разработанную программу можно использовать как эффективный инструмент оптимизации технологических решений.

Компьютерно-интегрированная ТПП с использованием CAD/CAM систем

Отражая сложившуюся практику последовательной реализации процессов конструирования и разработки технологии изготовления, системы автоматизированного проектирования (САПР) в машиностроении принято делить на два основных вида:

- САПР конструирования изделий;
- САПР технологии их изготовления.

САПР конструирования изделий, которую на Западе называют CAD (Computer Aided Design), выполняет объемное и плоское геометрическое моделирование, инженерный анализ, оценку проектных решений, получение чертежей. Исследовательский этап САПР изделий иногда выделяется в самостоятельную автоматизированную систему научных исследований (АСНИ) или, если использовать западную терминологию, инжиниринга - CAE (Computer Aided Engineering).

САПР технологии изготовления, которую в России принято называть автоматизированной системой технологической подготовки производства (АСТПП), формирует технологические маршруты, выбирает оборудование, выполняет разработку технологических процессов, технологической оснастки. Более узкой задачей САПР технологических процессов (САПР ТП), а на Западе - CAPP (Computer Automated Process Planning), является проектирование технологической документации (маршрутной, операционной), доводимой до рабочих мест и с разной степенью подробности регламентирующей будущий процесс изготовления детали.

Подготовленное описание технологических процессов вводится в систему CAM (Computer Aided Manufacturing). Задачей CAM является организация функционирования, например, гибкой производственной системы на основе разработки кадров управляющей программы (УП) для оборудования с ЧПУ.

Кардинальное изменение процессов конструирования и изготовления изделий на машиностроительных предприятиях Запада состоит в объединении (интеграции) компьютерных систем CAE, CAD и CAM. Производство, построенное по этому принципу, получило название "компьютерно-интегрированного производства" (от английской аббревиатуры CIM - Computer Integrated Manufacturing). Программные системы, обслуживающие «сквозной», «безбумажный» процесс проектирования конструкции изделия и, с той или иной степенью подробности, технологии его изготовления, принято называть CAD/CAM/CAE-системами. При этом «CAM» указывает на наличие модулей числового управления (NC), и, следовательно, получение на «выходе» системы УП для различных методов обработки. Обозначение «CAD/CAM/CAE» подчеркивает развитые возможности инженерного анализа, например, на основе метода конечных элементов (FEM).

Наиболее яркой особенностью CAD/CAM-систем является так называемое твердотельное создание (моделирование) изделия исключительно на экране компьютера, просмотр на экране (визуализация) процесса обработки деталей и передача сгенерированных УП по компьютерным сетям на оборудование с ЧПУ. Возможно также получение с помощью лазерных устройств (стереолитография) готовых полимерных образцов, будущих металлических деталей для изготовления литейных форм и штампов.

Традиционный чертеж и бумажная документация становятся побочным продуктом проектирования, сроки подготовки оснастки для производства сокращаются, повышается качество и конкурентоспособность продукции.

Система CAD/CAM на информационном уровне поддерживается единой базой данных (БД), в которой хранится:

- трехмерная математическая модель, т.е. информация о структуре и геометрии изделия (как результат проектирования в системе CAD);
- технология изготовления (система координат станка, вид и параметры режущего инструмента, траектория его перемещения при обработке различных поверхностей, режимы резания и др.).

Все программные системы, имеющиеся в настоящее время на рынке CAD/CAM-систем и находящиеся в эксплуатации, в зависимости от решаемых ими задач, по мнению известного

системотехника и специалиста в области САПР Д.М.Жука, можно разделить на две группы: специализированные и универсальные системы.

Специализированные системы могут использоваться как автономные самостоятельные системы, так и включаться в состав универсальных систем. Универсальные CAD/CAM/CAE-системы предназначены для комплексной автоматизации процессов проектирования и производства продукции машиностроения. Их можно разделить на три группы в зависимости от функциональных возможностей, набора модулей и структурной организации: системы низкого и среднего уровня, а также полномасштабные системы.

Системы низкого уровня обычно имеют ограниченный набор модулей, включающий графический моделлер (графическое ядро) с 3D-поверхностной (иногда твердотельной) графикой, модуль просмотра (визуализации) трехмерных тел, модуль генерации программ для оборудования с ЧПУ и др.

Системы среднего уровня имеют более широкий набор модулей, разрабатываемых в значительной мере фирмой-собственником системы. Системы этого класса обеспечивают более высокую функциональность при проектировании машиностроительных изделий, однако они не имеют развитых модулей управления проектными данными и механическими сборками. В большинстве случаев системы среднего уровня используют геометрические моделлеры первого поколения с ограниченными возможностями параметрического и ассоциативности. Аппаратной базой для таких систем еще недавно были персональные компьютеры с ОС UNIX или ЭВМ уровня графических рабочих станций. К подобным системам могут быть отнесены следующие системы: Pro/JUNIOR. MicroStation (занимает промежуточное положение) и др.

Системы среднего уровня непрерывно развиваются и по своим возможностям приближаются к полномасштабным системам, а в ряде случаев и превосходят их.

Полномасштабные CAD/CAM/CAE-системы – это сложные многофункциональные системы, в состав которых входит большой набор модулей (от 40 до 50) различного функционального назначения.

На практике в большинстве западных и отечественных предприятий в эксплуатации находятся разнообразные специализированные и универсальные системы CAD/CAE/CAM различных версий и конфигурации. Очень часто в подразделениях одной и той же организации используются различные системы, иногда это имеет место даже на уровне отдельных разработчиков. Наличие подобного "зверинца" объясняется рядом причин: попытками подобрать наилучшую для данной организации систему, симпатиями и привычками отдельных сотрудников, желанием использовать для конкретных проектных задач наиболее подходящее программное обеспечение, необходимостью использования единой системы с коммерческим партнером и др.

В качестве иллюстрации можно привести результаты обследования в 1993 г. ряда компаний, использующих универсальную систему CAD/CAM Pro/ENGINEER фирмы PTC. Система приобреталась для перехода к твердотельному геометрическому моделированию и планировалось, что она позволит существенно повысить эффективность применения CAD/CAM-систем в производственной деятельности. Выяснилось, однако, что все фирмы использовали Pro/ENGINEER для выполнения конструкторских работ, а модули препроцессора - для метода конечных элементов и листовой штамповки. Между тем, остальные модули системы, включая модули для станков с ЧПУ и для управления данными, фирмами практически не использовались, поскольку они считали что для этих задач лучше подходят соответствующие модули других систем.

Таким образом, реально во многих случаях в эксплуатации находятся гетерогенные (неоднородные) системы CAD/CAM. Основная проблема, возникающая при использовании в одном проекте различных систем, заключается в переносе из одной системы в другую геометрических моделей сконструированных деталей и узлов. При этом необходимо обеспечить адекватность описания геометрических моделей с заданной точностью в разных системах.

ТПП с применением CAD/CAM Cimatron

Cimatron - интегрированная CAD/CAM-система, предоставляющая достаточно полный набор средств конструирования, инженерного анализа, черчения и разработки управляющих программ к станкам с ЧПУ. Cimatron применяется такими западными фирмами, как Моторола, Фольксваген, Дженерал Моторс. ЛГФА, ЭПСОН и др.

В настоящее время в России и других странах СНГ Cimatron эффективно используется в авиационной и автомобильной промышленности машиностроения, в литейных и штамповочных производствах, для создания механического окружения электроники и то-и-и-и народного потребления. Cimatron-это семейство из пяти базовых модулей, которые могут быть дополнены в соответствии с требованиями пользователей. Все эти модули являются полностью интегрированными инструментами для большинства стадий подготовки производства и на различных аппаратных платформах от PC Pentium II и до графических станций HP/Apollo. Silicon Graphics, Sun и IBM.

Поверхностное и каркасное моделирование в Cimatron имеет полный набор геометрических элементов: от точек, линий и окружностей до сложных кривых и поверхностей Bezier, Gregori и NURBS. Удобные инструменты создания, редактирования и анализа поверхностей позволяют легко строить и модифицировать сложные скульптурные поверхности. Система предоставляет пользователю мощные и гибкие функции построения галтельных сопряжений, обрезки поверхностей и многое другое.

Твердотельное проектирование. Аппарат параметрического твердотельного моделирования системы Cimatron позволяет автоматизировать работу конструктора уже на этапе эскизного концептуального проектирования.

Эффективная и наглядная система сигнальных линий для задания условий параллельности, касательных, нормалей и т. п. делает проектирование намного более удобным. Возможности оперировать алгоритмом построения, добавлять и перемещать элементы в протоколе моделирования позволяет осуществлять полный контроль над процессом проектирования, а возможности задания алгебраических взаимосвязей между размерами – создавать параметрические модели любой сложности

Особенно важно, что система позволяет конструктору вести эскизное проектирование, не проставляя все размеры сразу, а лишь заботясь о топологии детали, в результате значительно сокращаются сроки концептуальной проработки проекта. В любой момент можно проставить размеры объекта или полностью изменить схему их простановки.

При создании сборок проектирование может выполняться как "сверху-вниз", так и "снизу-вверх". При работе с твердотельными сборками возможно задание параметрических соотношений между объектами, входящими в сборку, редактирование деталей в режиме сборки проверка их на взаимное пересечение объектов и многое другое.

Подсистема черчения разработана так, чтобы обеспечить интуитивную работу, минимизируя количество повторений одних и тех же операций, и ускорить каждый этап чертежного процесса. Все чертежные данные хранятся в базе данных, единой для всех подсистем Cimatron, структура которой обеспечивает полную интеграцию всех подсистем и быстрый доступ к данным. Все размеры, допуски, надписи и штриховка полностью ассоциативны с геометрией изделия. Cimatron обеспечивает получение видов трехмерной модели под любым желаемым углом проецирования.

Изменения в модели автоматически отражаются на видах. Интерфейс системы обеспечивает простое и удобное построение и перемещение видов в пределах чертежа.

Такие возможности твердотельного проектирования, как автоматическая генерация сечений моделей, ассоциативность размеров позволяют увеличить скорость процесса подготовки чертежей в несколько раз. Система обеспечивает автоматическое формирование спецификаций сборочных единиц в полном соответствии с требованиями ЕСКД, а также передачу данных в системы управления производством.

Интеграция подсистем обработки и моделирования гарантирует изготовление детали точно в соответствии с требованиями. На основе спроектированной модели подсистема NC создаст управляющую программу для любого вида механической обработки: 2.5-5

координатного фрезерования, сверления, листоштамповки, токарной и электроэрозионной обработок. Разработка NC-программ оптимизирована как с точки зрения создания траектории движения инструмента, так и с точки зрения работы с данными проектирования. Любые изменения модели немедленно отображаются на траектории движения инструмента.

При фрезеровании сложных поверхностей подсистема программирования оборудования с ЧПУ позволяет автоматически выполнять контроль на зарезание, рассчитывать зоны, не обработанные заданным инструментом, вычислять траекторию движения для другого инструмента, выполняющего подбор.

Имитация обработки позволяет проверить и отладить управляющую программу до выхода на станок.

Главным отличием проектирования в Cimatron от использования 2D-систем является первичность трехмерной модели (3D), а не чертежа. Создание управляющей программы для механообработки или литейной формы, анализ прочности детали или подготовка данных для полимерной модели, - все эти приложения системы используют предварительно построенную проектировщиком 3D-модель.

2. Постановка задачи

1. Изучить методику работы в CAD/CAM Cimatron по проектированию моделей детали, сборки, разработки управляющих программ для ЧПУ.
2. Спроектировать 3D модель детали “Корпус подшипника 238АК.4200100”.
3. Создать 3D модели деталей УСП, образующих приспособление для сверлильной обработки.
4. Выполнить экранную сборку приспособления из деталей УСП.
5. Разработать инструменты: фрезу и сверло, заготовки и траектории перемещения при фрезеровании, сверлении.
6. Получить управляющие программы для фрезерования, сверления.
7. Разработать технологическую оснастку в виде токарного резца со сменными пластинами.
8. Рассчитать технологическую часть.
9. Рассмотреть охрану труда.
10. Рассчитать экономическую часть.

Таким образом, выполнить полный комплекс ТПП в современной CAD/CAM-Cimatron для ЯМЗ, где проектирование ведется вручную.

3. ТПП с использованием CAD/CAM систем

3.1. Создание 3D модели детали “Корпус подшипника” в подсистеме CAD

Cimatron позволяет создать компьютерную трехмерную геометрическую модель изделия, дополнять и изменять эту модель, показать ее с нужной степенью детализации. При этом виртуальная модель объекта документируется, т.е. запоминается в файле. Кроме того поскольку чертеж строится на основе проекций модели на плоскость чертежа, сохраняется ассоциативная связь чертежа с моделью, и изменение модели приводит к соответствующему изменению чертежа.

Выполним комплекс работ по ТПП для изготовления детали детали “Корпус подшипника 238АК.4200100” взятую с ЯМЗ из 12-и цилиндрового цеха. К сожалению там не используется ТПП с применением CAD/CAM-систем.

Начнем с создания модели.

1). Нажимаем на ярлычок. Появляется меню Cimatron, в котором нажимаем клавишу Sim 1ый в закладке Главное меню (рис.24).

После запуска программы в строке «Введите имя файла» вводим имя создаваемого файла, нажимаем Enter и попадаем в среду Cimatron

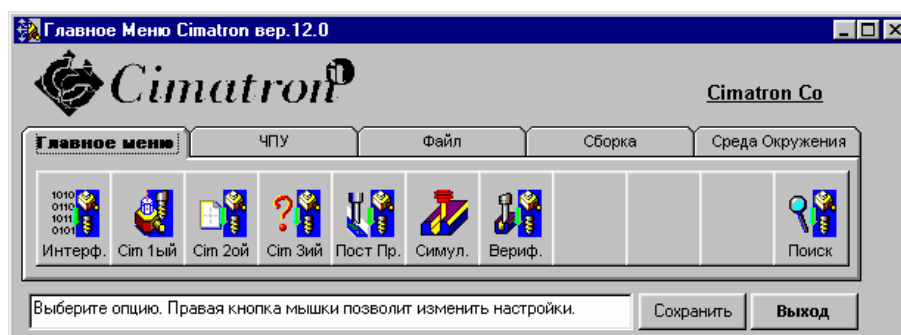


Рисунок 24

2). В правом меню выбираем команду «твердое тело» (рис.25), появляется еще несколько кнопок, среди которых выбираем команду БАЗЫ (рис.26)>ПЛОСКОСТИ (см. рис.26)>ГЛАВНЫЕ ПЛОСКОСТИ (рис.27) и для подтверждения команд нажимаем клавишу F5

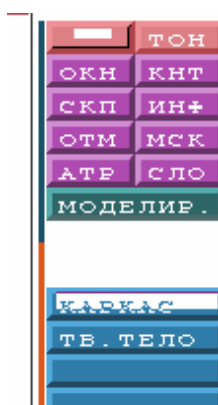


Рисунок 25

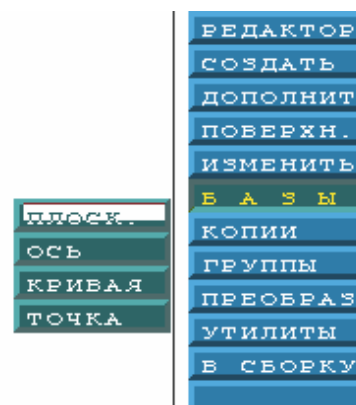


Рисунок 26



Рисунок 27

Далее F8>ЭКРАННЫЙ ВИД>ISO>F8>АВТОМАШТАБ, после чего появляются три координатные плоскости (рис.28).

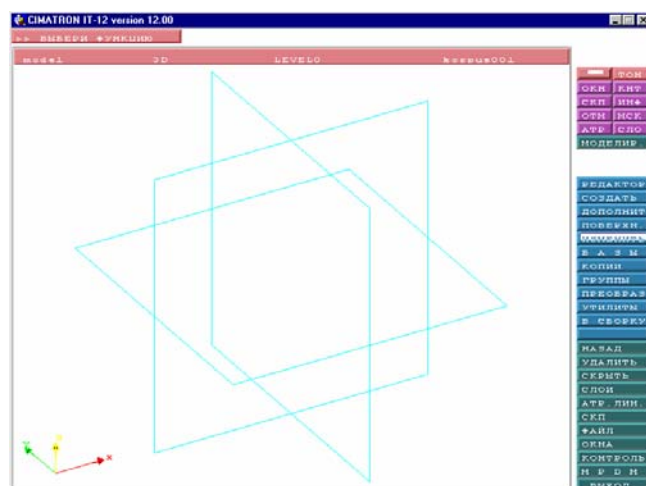


Рисунок 28

3). Создаем оси, для чего выполняем последовательность БАЗЫ>ОСЬ>2 ПЛОСКОСТИ (рис.29) и для подтверждения команд нажимаем клавишу F5 (рис.30).

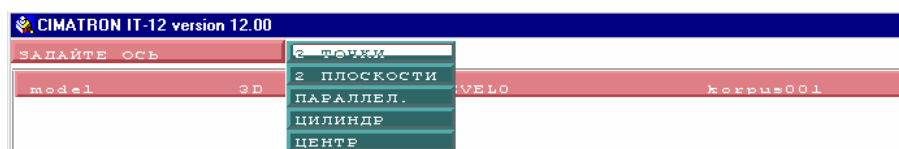


Рисунок 29

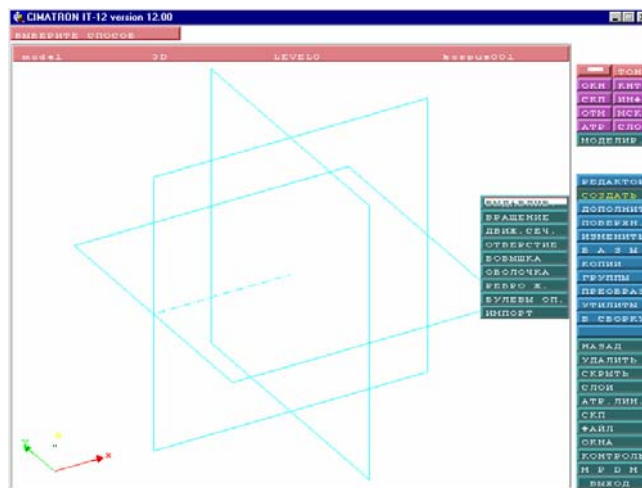


Рисунок 30

4). Теперь выбираем команду СОЗДАТЬ > ВРАЩЕНИЕ > НОВЫЙ (см. рис.30), курсором указываем на границу горизонтальной плоскости, в которой будем производить построение криволинейного контура и нажимаем левую клавишу мыши, контур плоскости меняет цвет (рис.31).

Далее F8>ЭК. ВИД>ТОП> F8>АВТОМАШТАБ, появляется вид сверху (рис.32). На размеры не обращаем внимание. Рисуем командой ПРЯМАЯ линию (рис.33), затем проводим следующую линию (рис.34), в конце получается замкнутый контур (рис.35).

Далее нажимаем ВЫХОД, указываем ПОЛНОСТЬЮ и затем ВЫХОД (рис.36). Результат – тело вращения (рис.37).

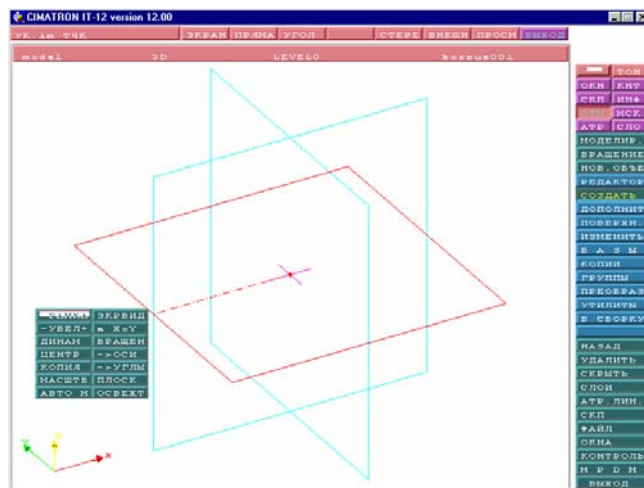


Рисунок 31

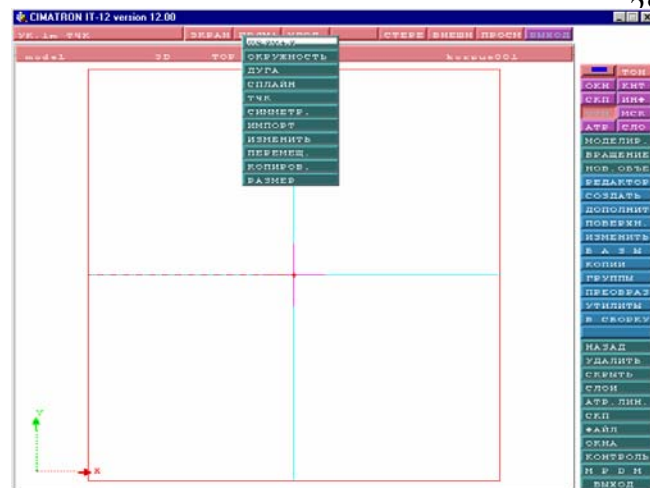


Рисунок 32

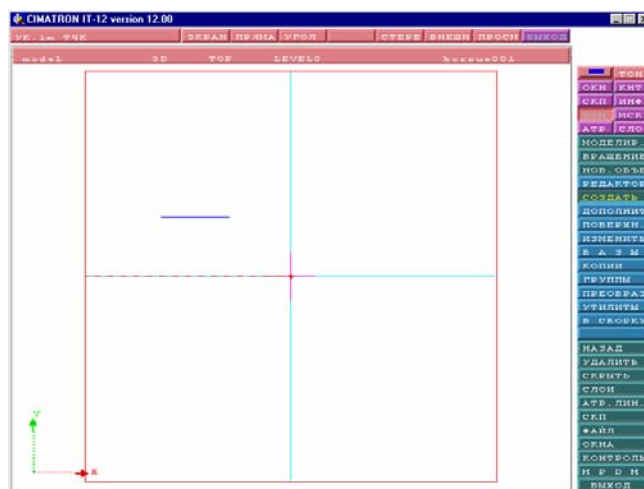


Рисунок 33

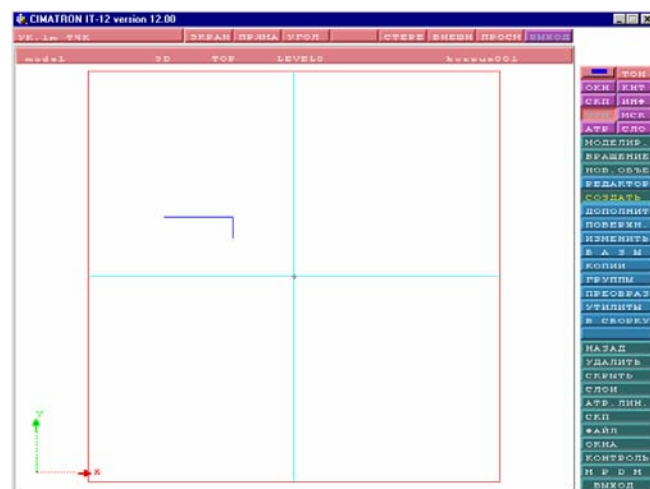


Рисунок 34

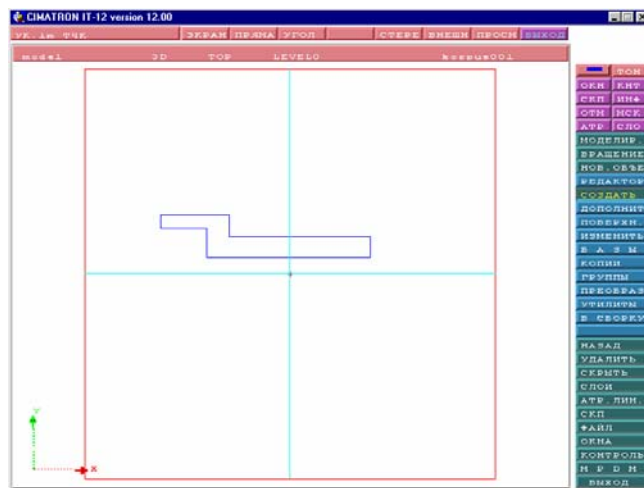


Рисунок 35

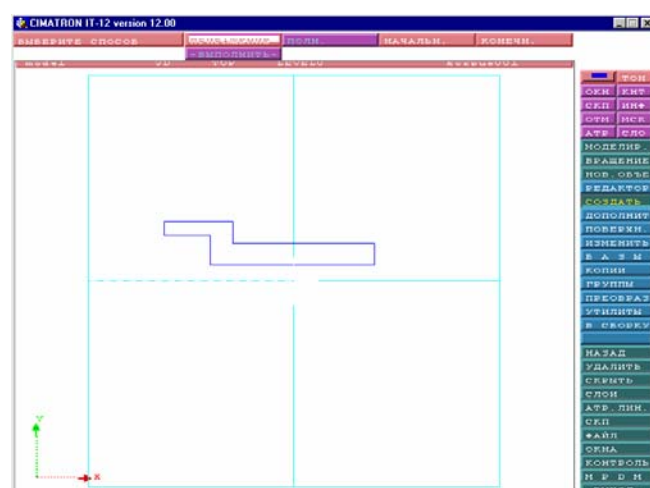


Рисунок 36

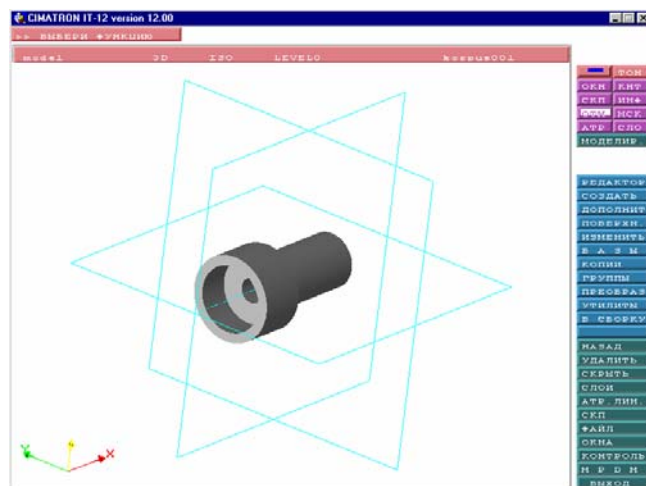


Рисунок 37

5). Проставление размеров.

РЕДАКТИРОВАНИЕ>ЭСКИЗ, проставляем размеры пока не появится надпись «полностью образмерено» (рисунки 38,39) и выходим из этого режима.

РЕДАКТИРОВАНИЕ>ПАРАМЕТРЫ, изменяем значения размеров на нужные. Затем, нажав кнопку F5 два раза обновляем размеры детали меняются (рисунки 40,41).

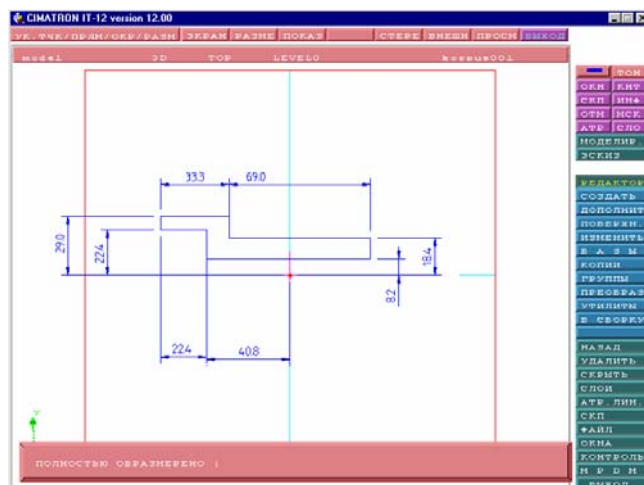


Рисунок 38

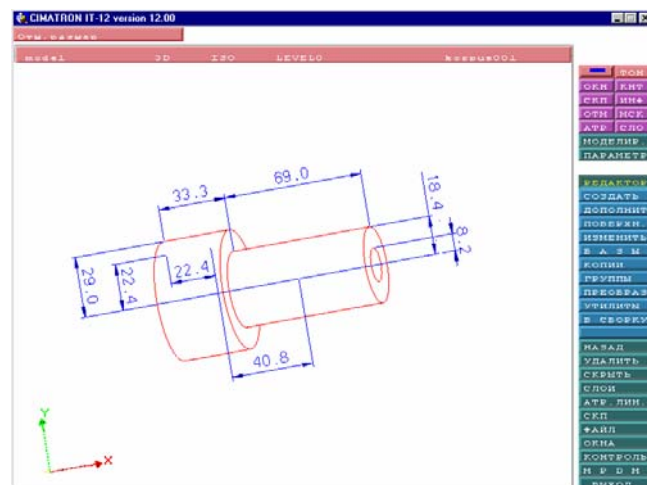


Рисунок 39

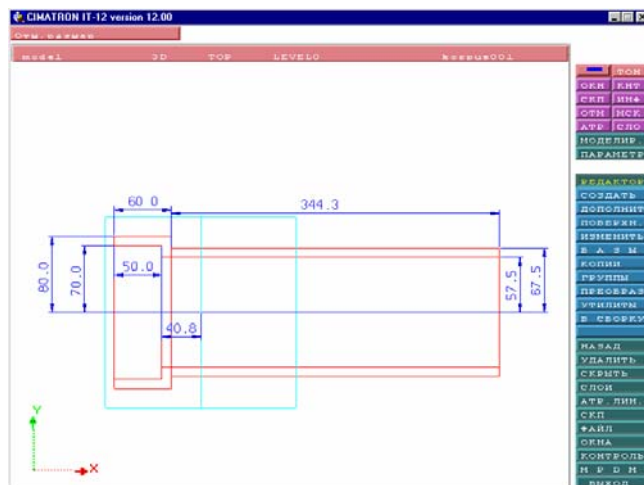


Рисунок 40

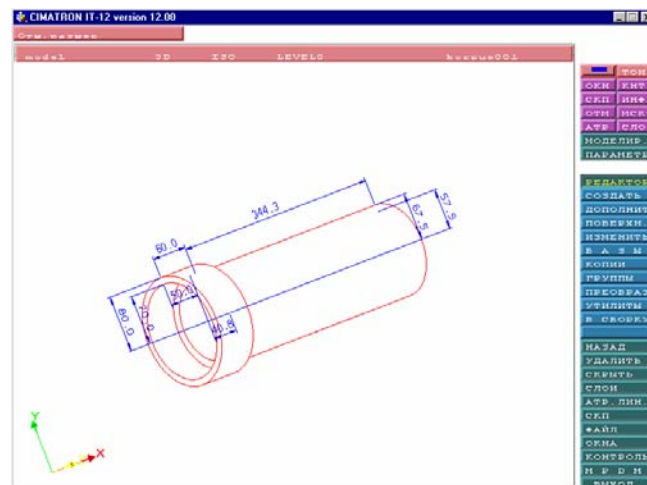


Рисунок 41

6). Для добавления следующего элемента: СОЗДАТЬ>ВЫДАВЛИВАНИЕ>ДОБАВИТЬ, и указываем грань, к которой добавляем следующий элемент. Выбираем вид слева и рисуем замкнутый контур элемента (рис.42). Результат - на рис.43.

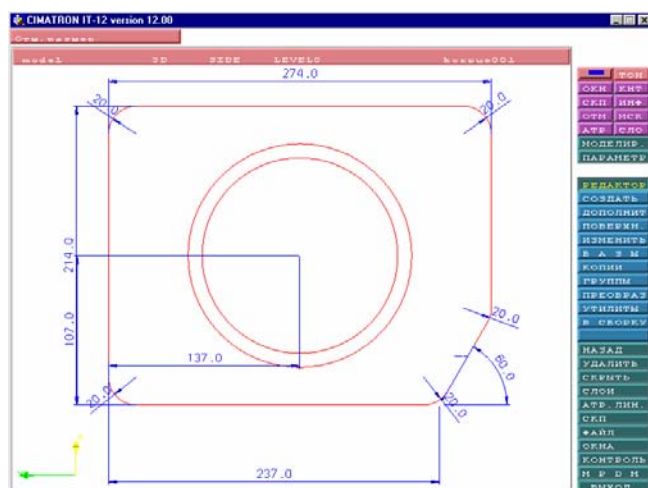


Рисунок 42

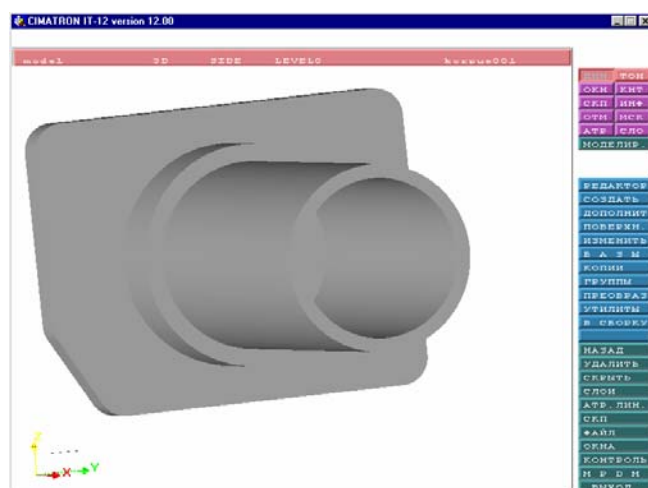


Рисунок 43

7). Таким же образом добавляем следующий элемент (рис.44).

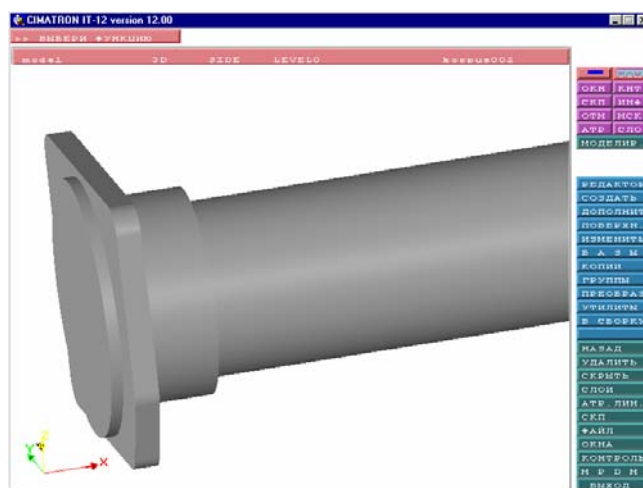


Рисунок 44

8). Удаление элемента. СОЗДАТЬ>ВЫДАВЛИВАНИЕ>УБРАТЬ (рис.45). Выделяем грань (красный цвет) и рисуем удаляемый элемент (синий цвет) (рис.46). Нажимаем ВЫХОД, указываем, НАСКВОЗЬ>ВЫПОЛНИТЬ (рис.47). Результат – на рис.48.

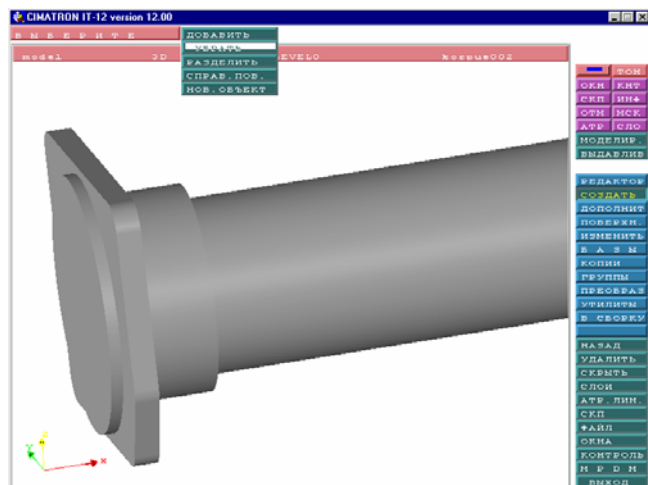


Рисунок 45

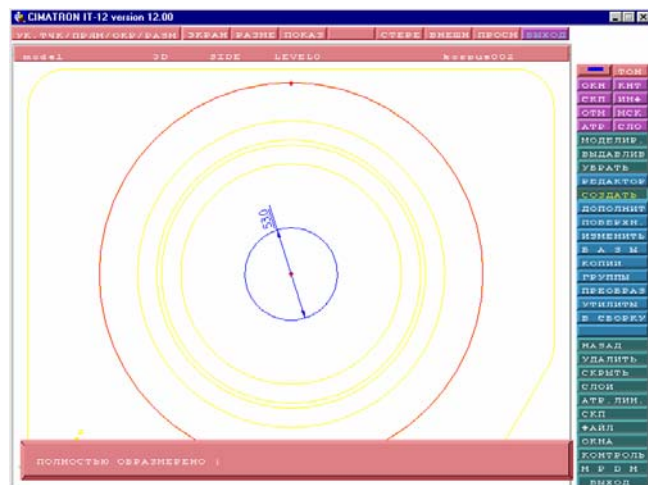


Рисунок 46

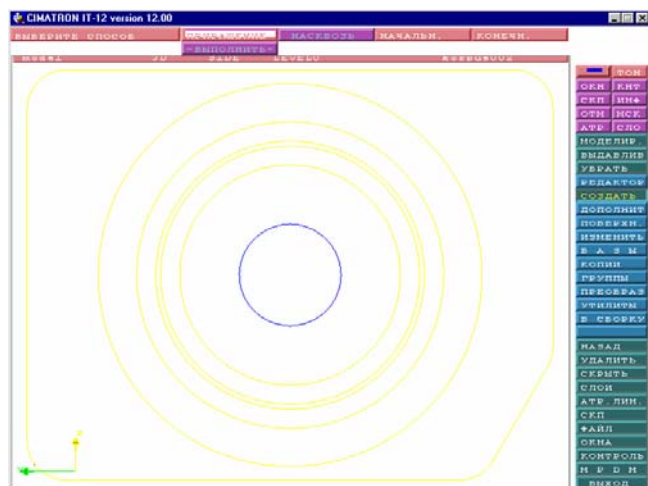


Рисунок 47

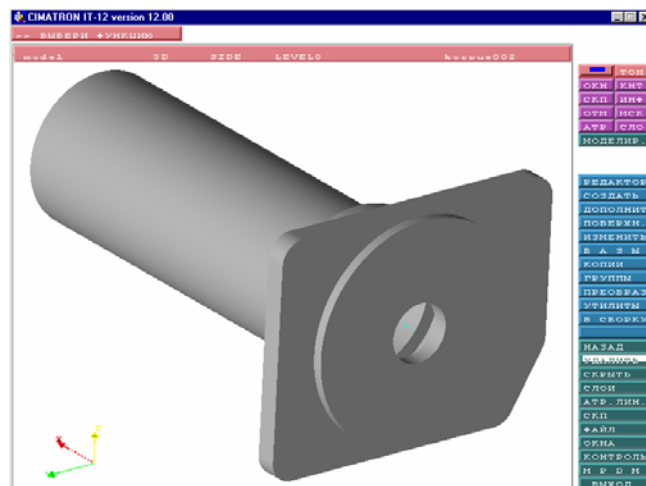


Рисунок 48

9). Создание скруглений.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО>РАДИУС (рис.49)>ПОСТОЯННЫЙ РАДИУС (рис.50), затем выбираем радиус скругления (рис.51) и указываем ребро. Результат – на рис.52.

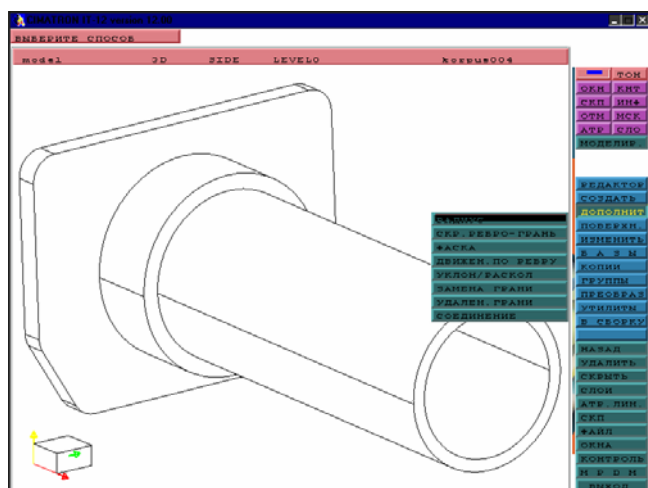


Рисунок 49

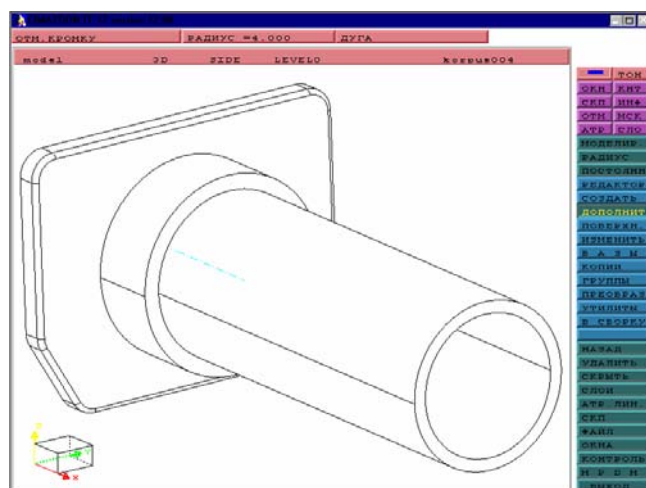


Рисунок 52



Рисунок 50



Рисунок 51

10). Создание следующего элемента.

СОЗДАТЬ>ВРАЩЕНИЕ>ДОБАВИТЬ, указываем ось, плоскость, компоненты нужные для построения и строим замкнутый контур (рис.52). Проставляем размеры (рис.53).

Результат – на рис.54.

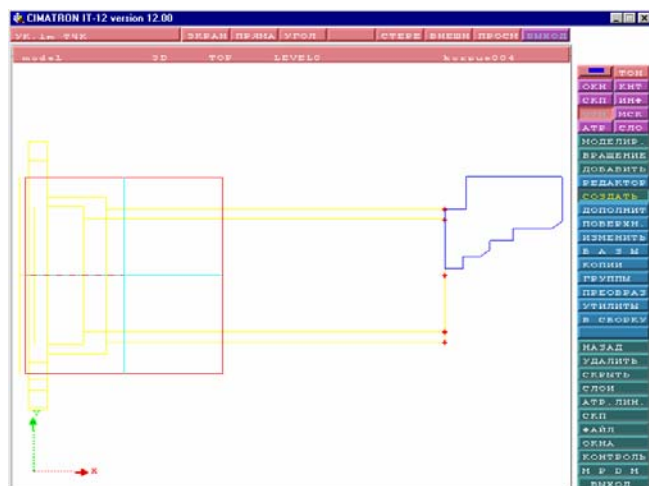


Рисунок 52

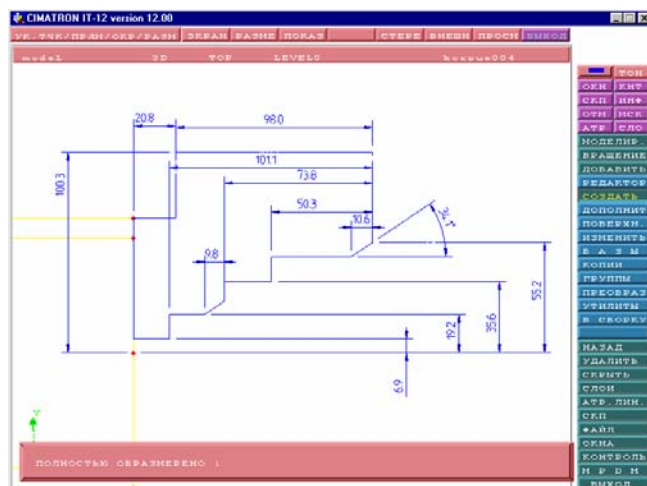


Рисунок 53

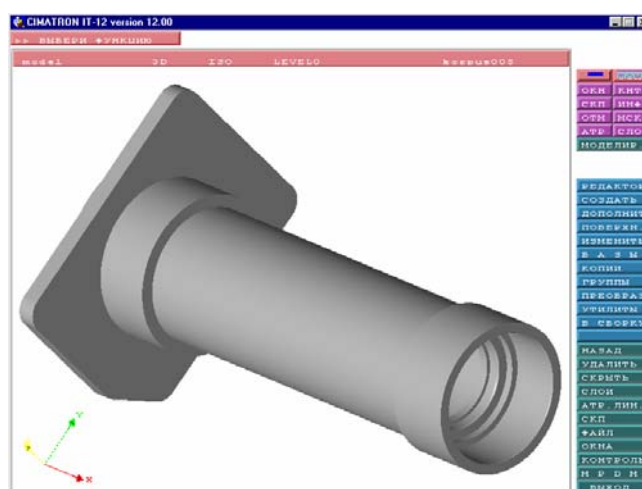


Рисунок 54

11). Скругляем все необходимые ребра (рис.55)

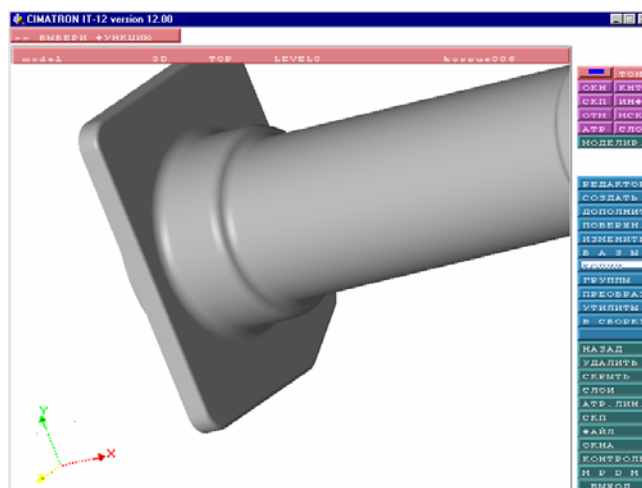


Рисунок 55

12). На рисунках 56, 57, 58, 59, 60 показано создание остальных частей детали. Окончательный вид детали показан на рис.60.

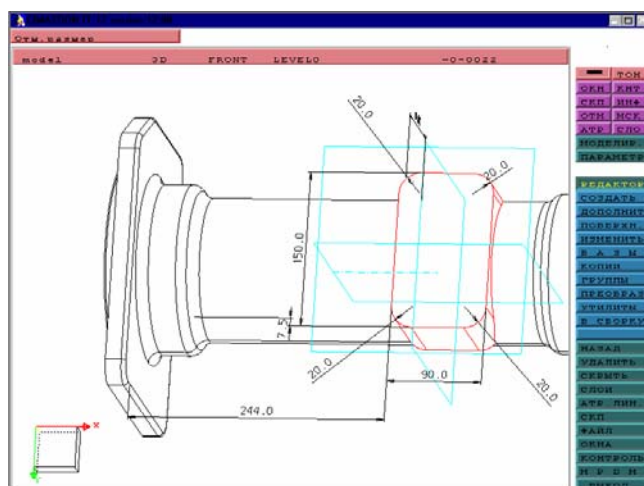


Рисунок 56

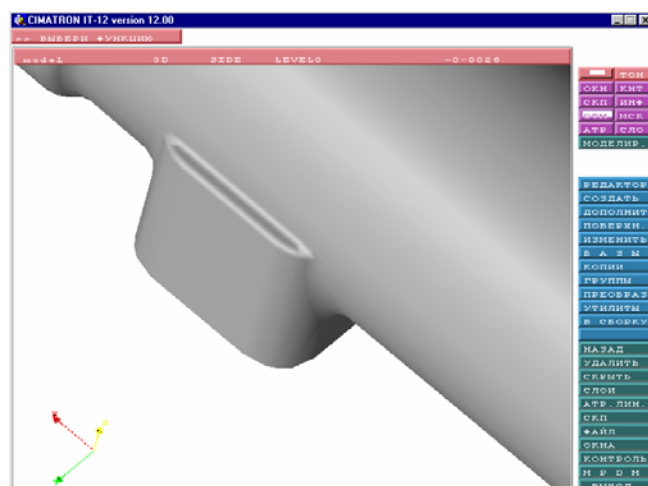


Рисунок 57

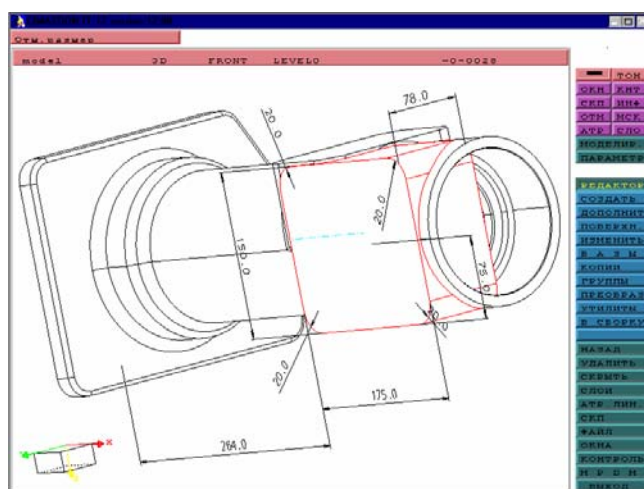


Рисунок 58

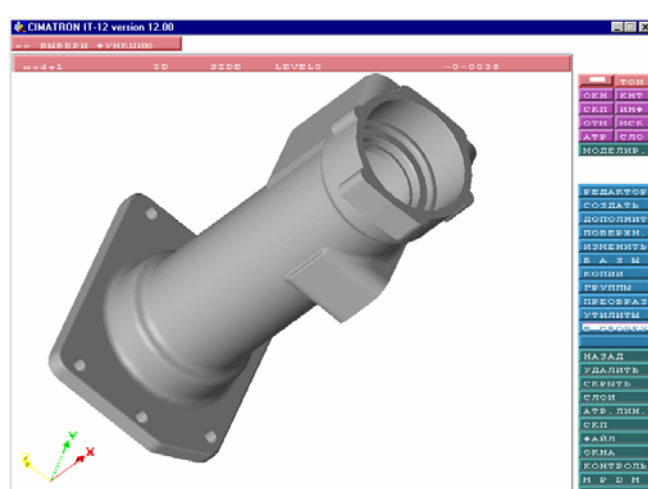


Рисунок 59

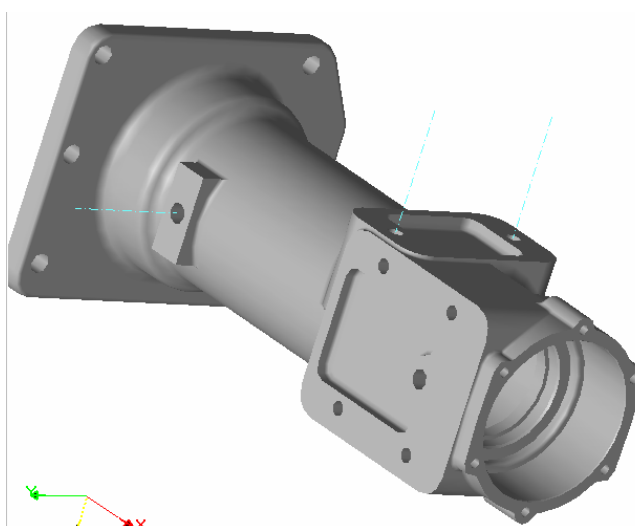


Рисунок 60

3.2. Оформление и разрезы 3D моделей в подсистеме CAD

1). Выбор цвета.

Открываем файл детали 0-0049.prm. В правом меню в четвертом блоке нажимаем правую кнопку мыши и выбираем опцию ПОЛУТОН (рис.61). В верхнем меню выбираем ЦВЕТА (см. рис.61) и нажимаем Enter (рис.62). Деталь приобретает выбранный цвет (рис.63).

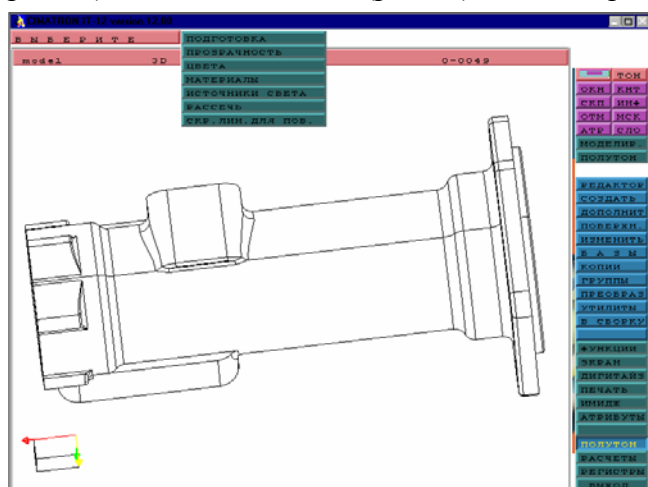


Рисунок 61

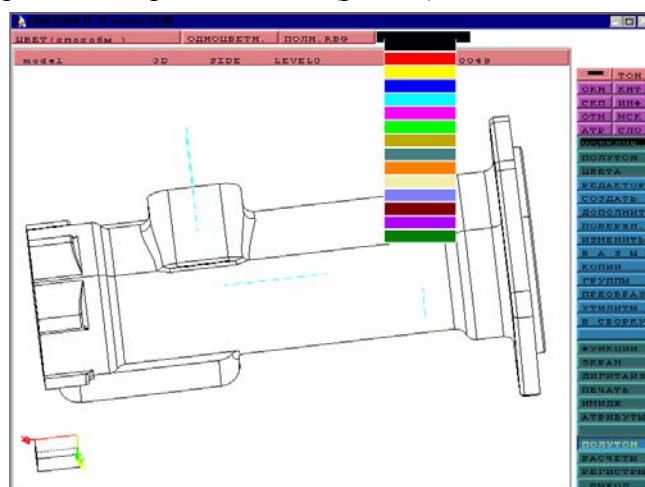


Рисунок 62

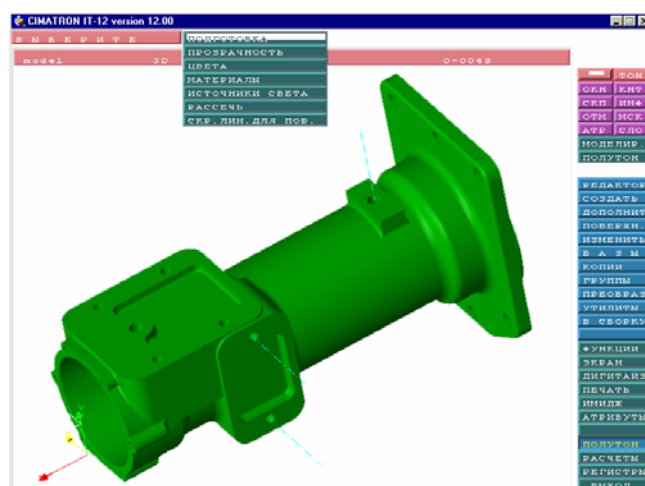


Рисунок 63

2). Прозрачность.

В верхнем меню выбираем ПРОЗРАЧНОСТЬ (см. рис.61), затем ЗАДАТЬ ПРОЗРАЧНОСТЬ (рис.64).



Рисунок 64

Указываем прозрачность 0.5, мышкой указываем деталь, нажимаем F5 и деталь становится полупрозрачной (рис.65).

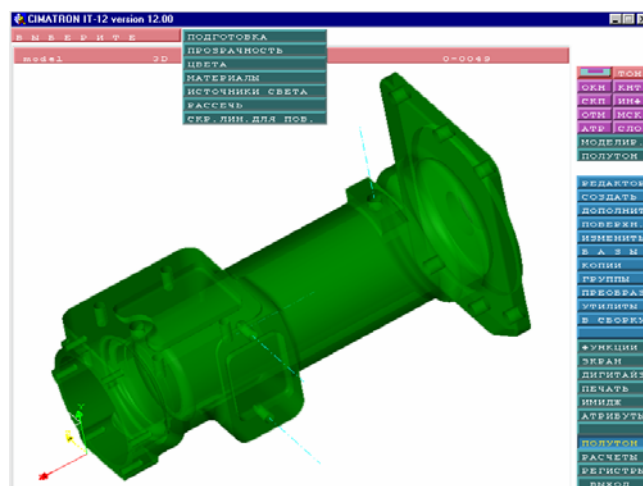


Рисунок 65

Чтобы вернуться нужно, нажать УБРАТЬ ПРОЗРАЧНОСТЬ (см. рис.64).

3). Разрезы.

В верхнем меню выбираем РАССЕЧЬ (см. рис.63), затем нажимаем ЗАДАТЬ ПЛОСКОСТЬ, выбираем 3 ТОЧКИ (рис.66).

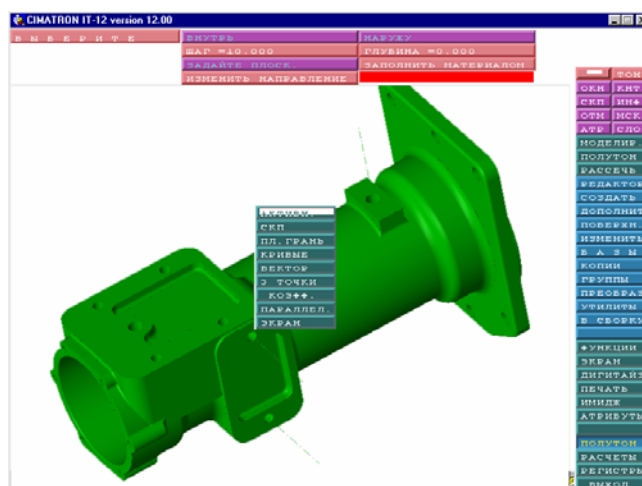


Рисунок 66

Указываем 3 точки и для подтверждения в появившейся панели нажимаем ДА. Деталь рассекается. Разрез 1 (рис.67), разрез 2 (рис.68).

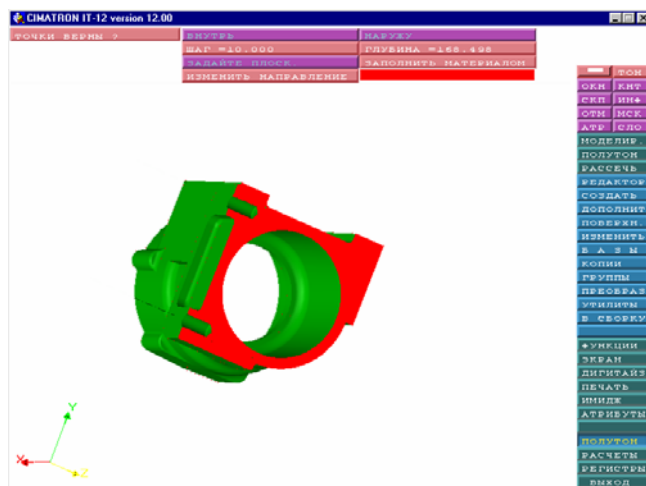


Рисунок 67

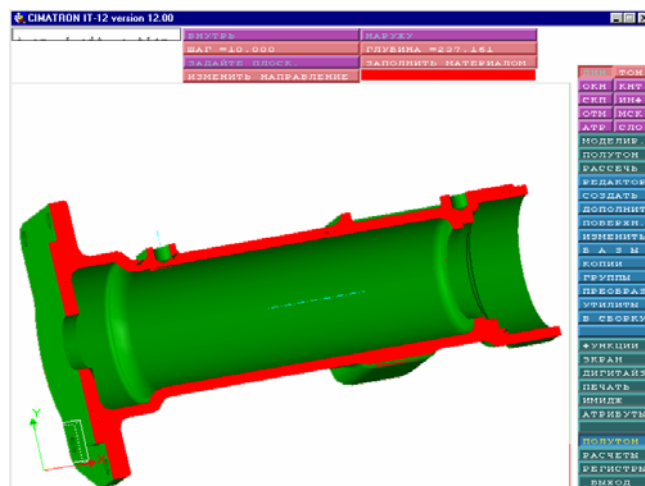


Рисунок 68

4). Создание заготовки.

На главной панели нажимаем СОЗДАТЬ, и выбираем ЗАГОТОВКА (рис.76). Для подтверждения создания заготовки нажимаем ДА (рис.77).

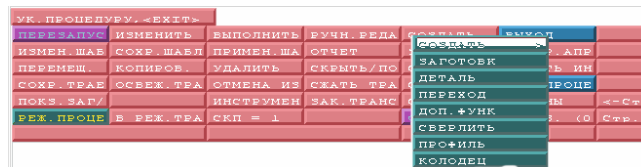


Рисунок 76



Рисунок 77

Выбираем КОНТУРАМИ (рис.78), и опять выбираем КОНТУРАМИ (рис.79)



Рисунок 78



Рисунок 79

Смещение = 0. Щелкаем мышкой на первую линию, указываем направление (рис.80) и последовательно щелкаем на следующие линии по замкнутому контуру (рис.81). Для подтверждения конца контура нажимаем ДА (см. рис. 81).

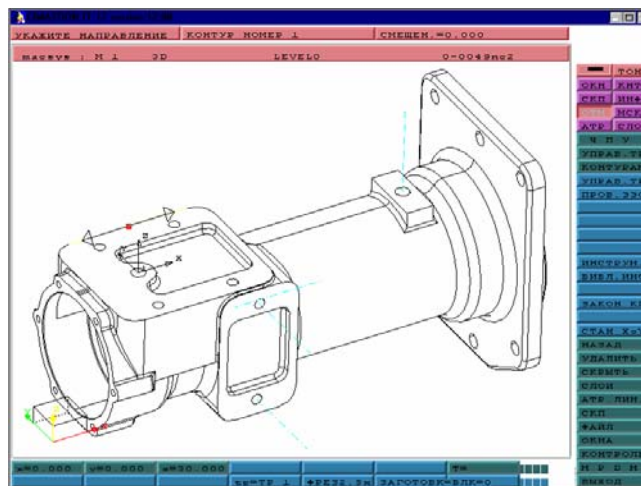


Рисунок 80

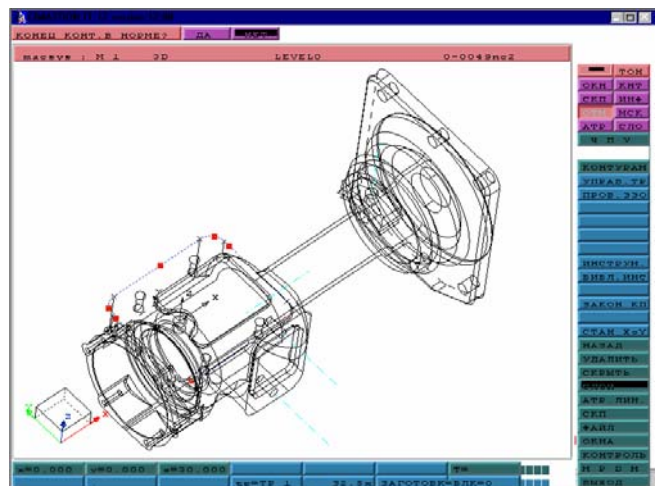


Рисунок 81

Отказываемся от создания второго контура нажатием F5 (рис.82). В открывшемся окне ставим высоту заготовки $Z_{\text{ниж.}} = -5$, $Z_{\text{вер.}} = 20$ (рис.83) и нажимаем Enter.

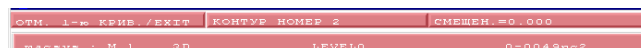


Рисунок 82

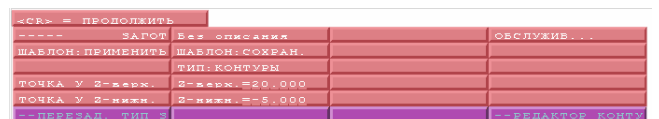


Рисунок 83

Для выполнения нажимаем ДА (рис.84).



Рисунок 84

После выполнения - заготовка создана (рис.85).

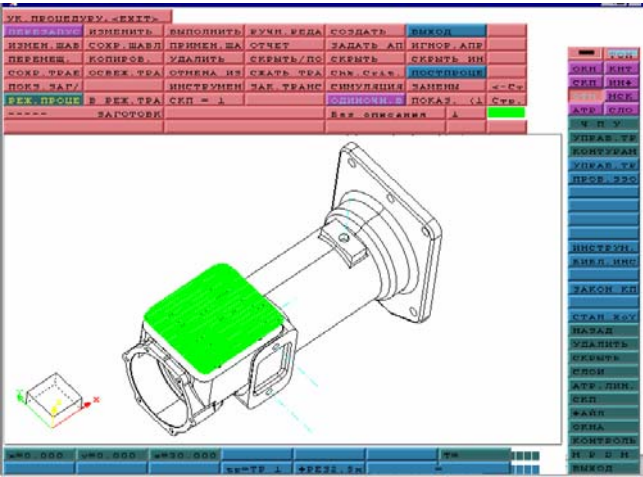


Рисунок 85

5). Создание инструмента и контура обработки.

На главной панели нажимаем СОЗДАТЬ, и выбираем ПРОФИЛЬ (рис.86). Для подтверждения создания заготовки нажимаем F5. Система спрашивает «Создать инструмент?» ДА (рис.87).

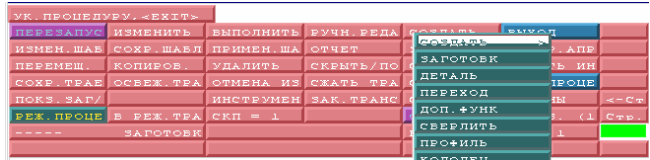


Рисунок 86



Рисунок 87

В открывшейся панели создания инструмента пишем имя, диаметр и выбираем цвет инструмента (рис.88). Для фрезерования торца задаем диаметр 200 мм. Для продолжения нажимаем Enter.

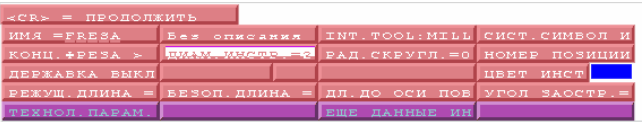


Рисунок 88

Система предлагает выбрать способ задания контура – выбираем НЕ ЗАМКНУТЫЙ (рис.89).



Рисунок 89

Следующим действием указываем контур и смещение (рис.90). Нажимаем F5 для завершения контура.

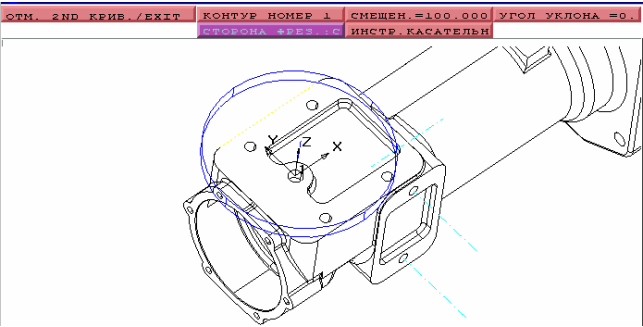


Рисунок 90

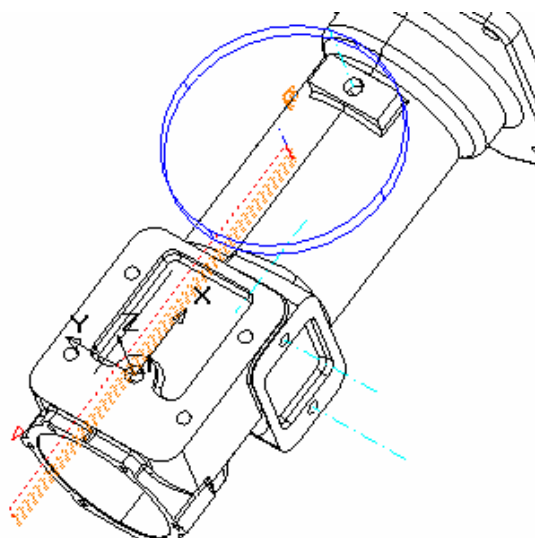


Рисунок 98

6). Симуляция.

На главной панели нажимаем СИМУЛЯЦИЯ>СИМУЛЯТОР (рис.99), выделяем профиль и нажимаем F5 (рис.100).

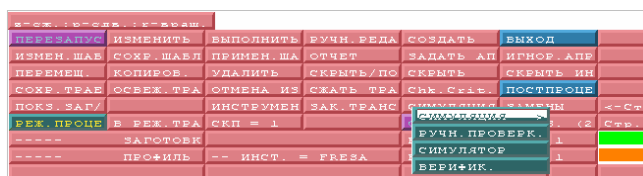


Рисунок 99

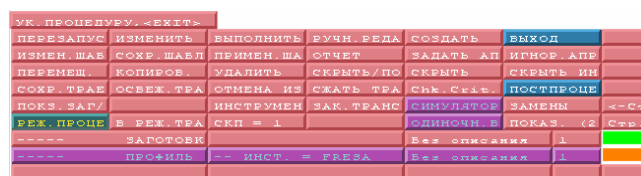


Рисунок 100

В открывшемся окне нажимаем ВЫПОЛНИТЬ (рис.101).

Затем нажимаем ДА для обновления заготовки и попадаем в среду симуляции (рис.102).

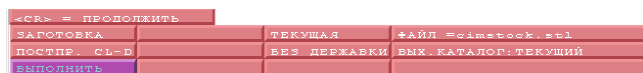


Рисунок 101

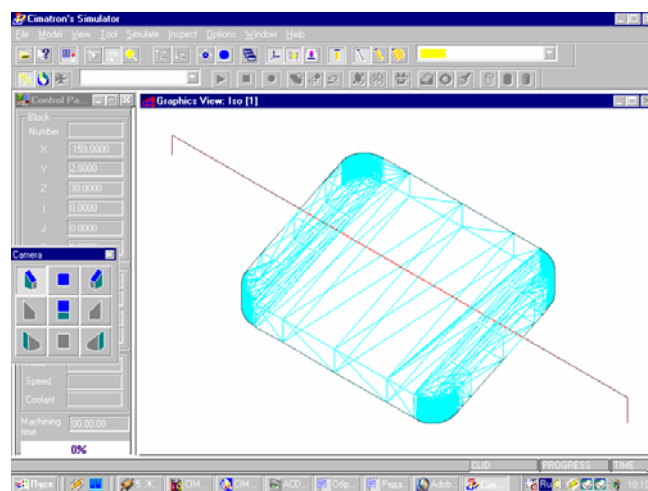


Рисунок 102

Нажимаем на кнопку «Simulate mode», для тонирования фрезы нажимаем кнопку «Continuous tool mode», выбираем цвет обработанного материала (рисунки 103, 104).

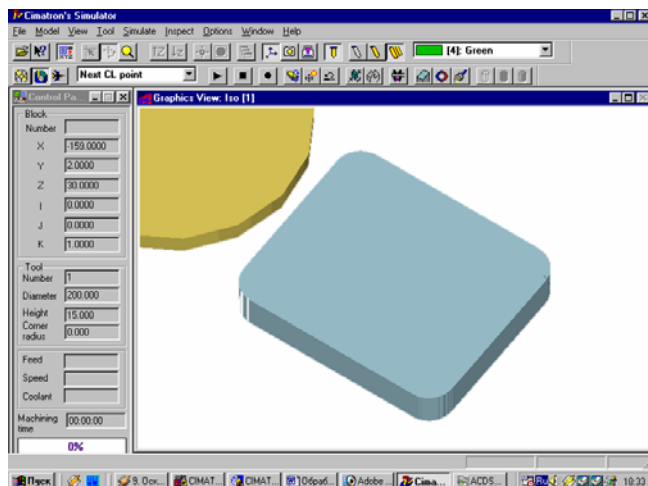


Рисунок 103

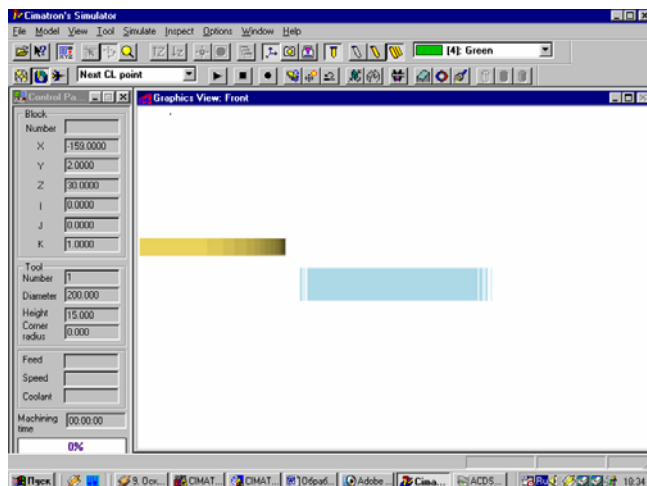


Рисунок 104

Запускаем симуляцию.

Заготовка в процессе обработки (рисунки 105, 106, 107, 108).

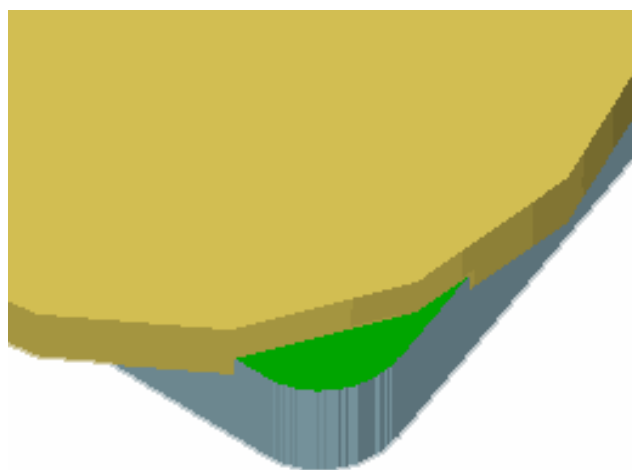


Рисунок 105

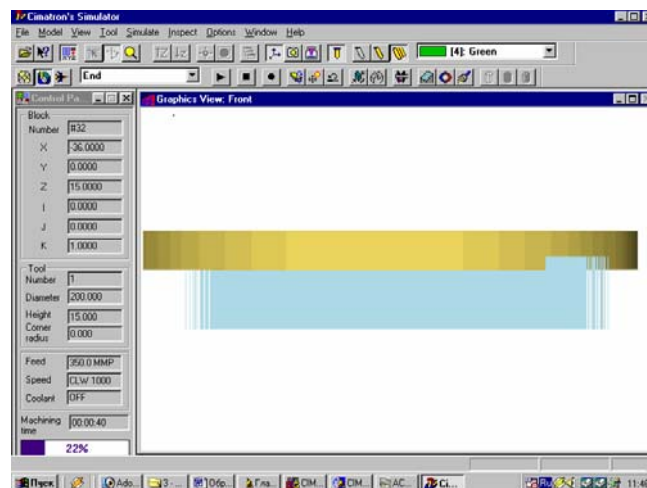


Рисунок 106

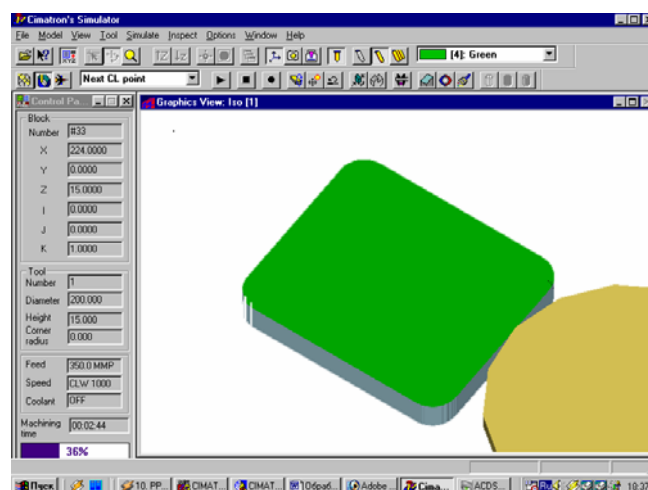


Рисунок 107

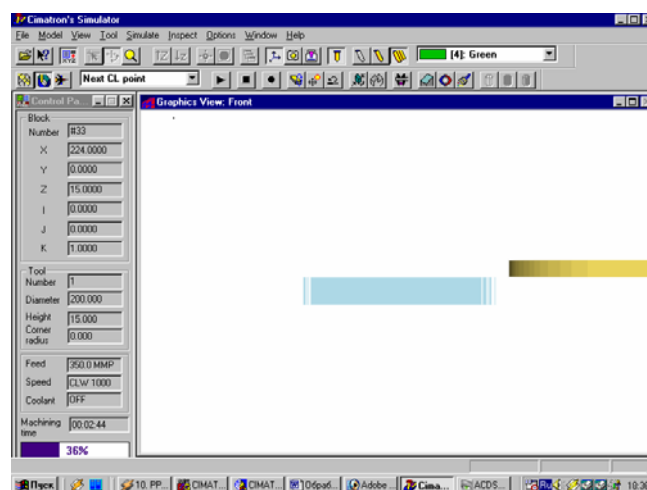


Рисунок 108

Заготовка после обработки (рисунок 109, 110).

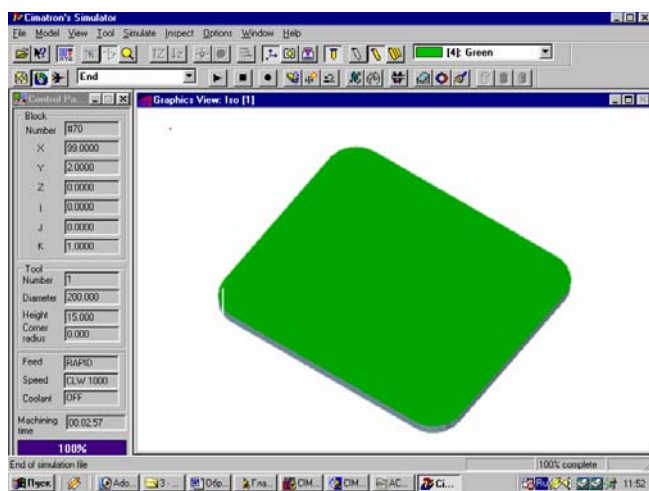


Рисунок 109

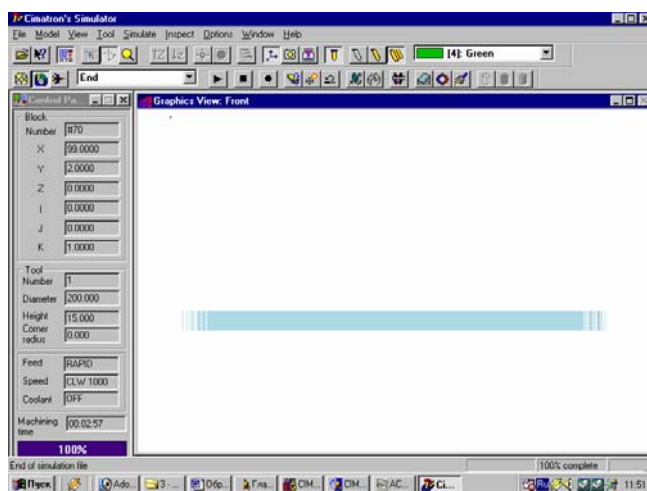


Рисунок 110

3.4. Сверление при токарной обработке в подсистеме САМ

- 1). Загружаем модуль САМ, система координат располагается по умолчанию (рис.111).
- 2). Меняем систему координат. Начало координат должно быть на оси сверления (рис.112).

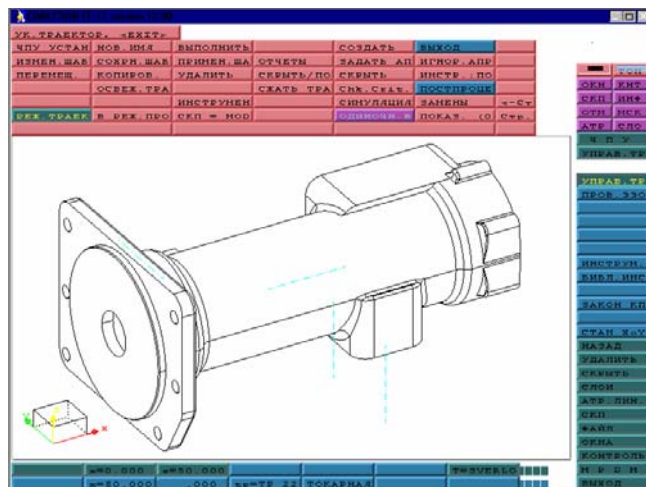


Рисунок 111

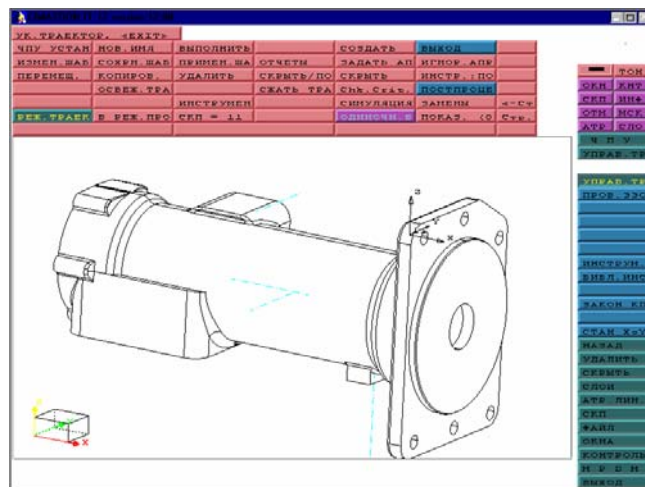


Рисунок 112

- 3.) В главной панели выбираем СОЗДАТЬ>ТОКАРН. (рис.113), в открывшейся панели задаем начало нахождения сверла с помощью координат x, y, z (рис.114).

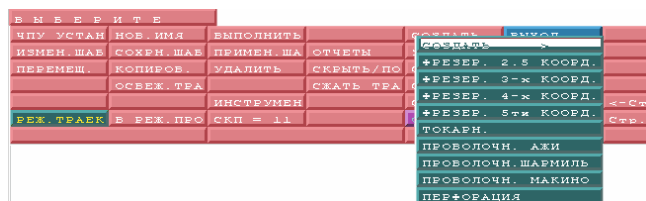


Рисунок 113

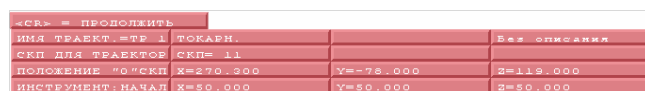


Рисунок 114

- 4.) В главной панели выбираем DRILL (рис.115), система спрашивает «создать сверло?» (рис.116) отвечаем ДА.

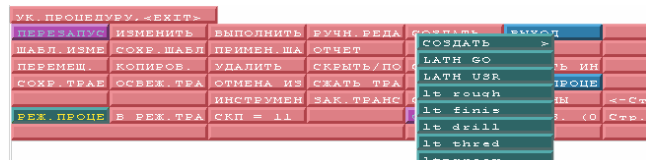


Рисунок 115

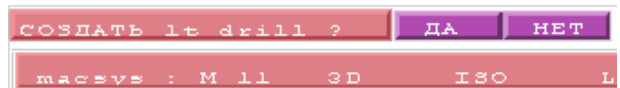


Рисунок 116

Записываем имя сверла, диаметр сверла и нажимаем Enter (рис.117).

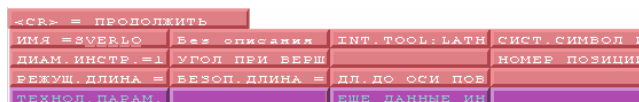


Рисунок 117

- 5). Выбираем точку начала сверления (рис.118), указывая центр отверстия. В открывшейся панели редактируем длину и начало сверления (рис.119).

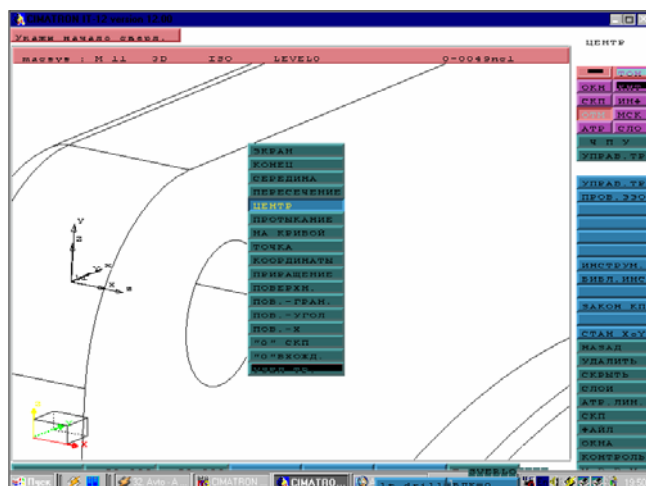


Рисунок 118

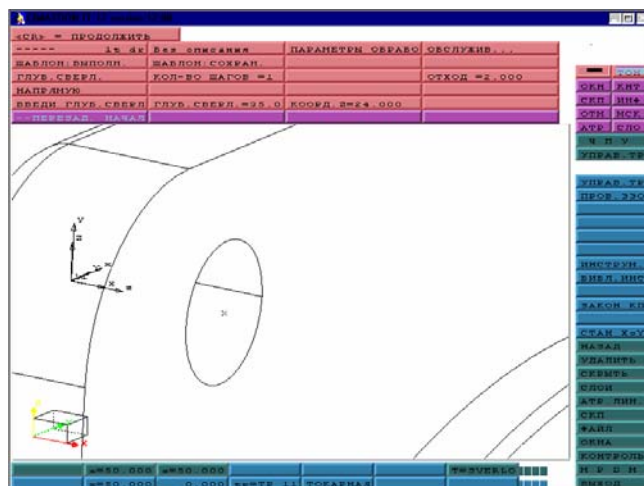


Рисунок 119

6). После нажатия Enter для выполнения нажимаем ДА (рис.120), для отказа от второго профиля нажимаем F5. Результат - на рис.121.

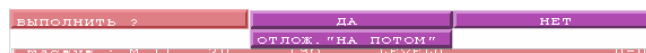


Рисунок 120

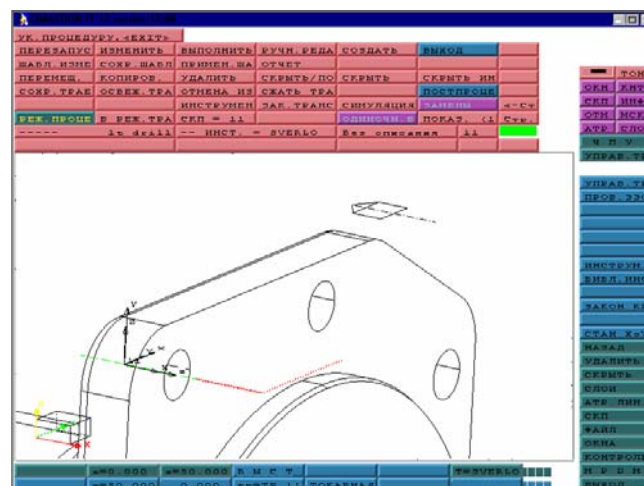


Рисунок 121

7.) Для просмотра сверления запускаем ручной симулятор. Выделяем кнопку РУЧНОЙ РЕДАКТОР, затем профиль (рис.122) и нажимаем F5. Открывается редактор (рис.123).

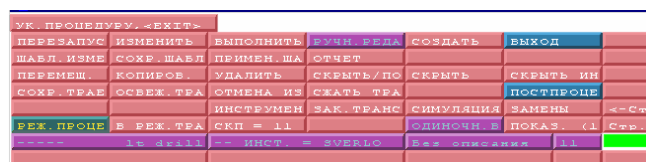


Рисунок 122

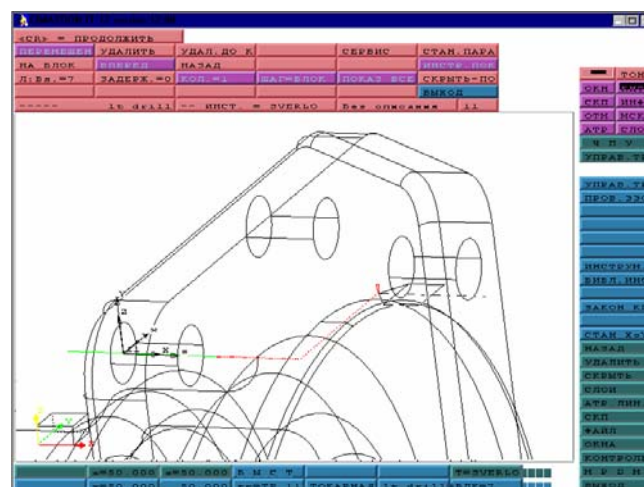


Рисунок 123

Нажимая кнопку ДАЛЕЕ - сверло начинает перемещаться. За первые два шага сверло перемещается в точку начала сверления (рисунки 124, 125).

Следующий шаг - это сверление, а затем возвращение сверла в точку начала сверления (рисунки 126, 127, 128). Затем вращение сверла прекращается и оно возвращается в исходное положение.

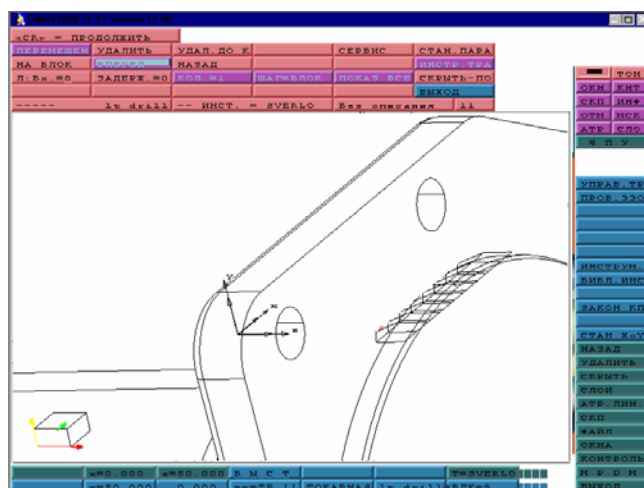


Рисунок 124

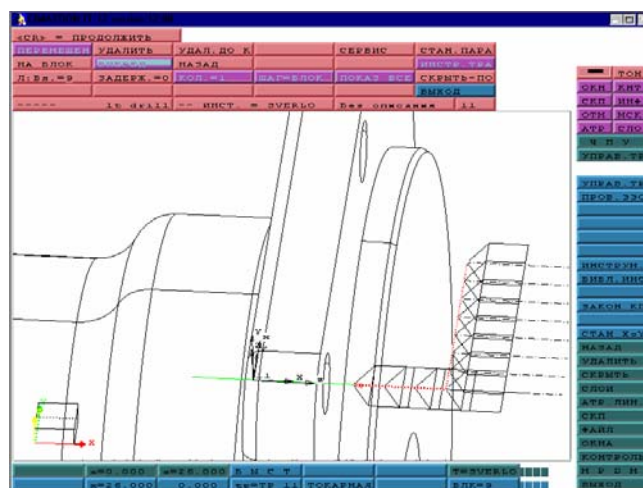


Рисунок 125

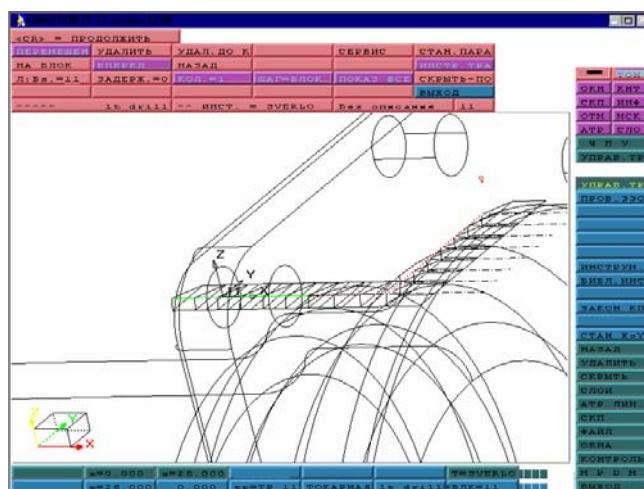


Рисунок 126

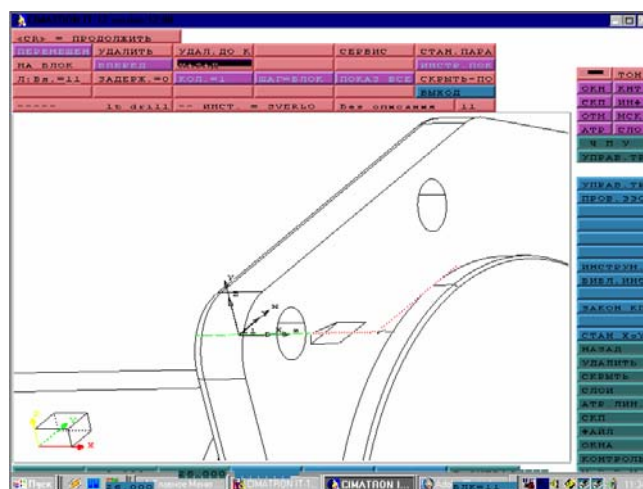


Рисунок 127

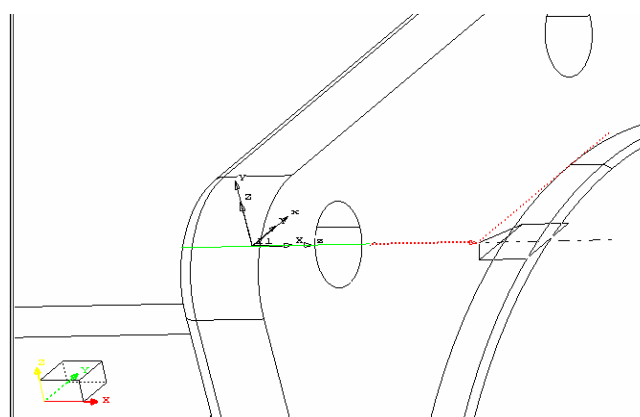


Рисунок 128

3.5. Редактирование в подсистеме САМ

1). Создание инструмента.

На главной панели нажимаем ИНСТРУМЕНТ и в открывшемся окне выбираем ТИП ИНСТРУМЕНТА (рис.129). В появившейся панели выбираем тип инструмента (рис.130).

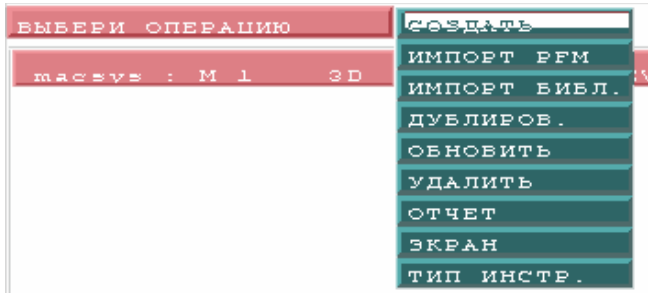


Рисунок 129



Рисунок 130

В открывшемся окне выбираем СОЗДАТЬ (см. рис.129), появляется панель для создания инструмента (рис.131), в ней вводим имя и данные инструмента и нажимаем Enter. Инструмент создан, а на экране появилась главная панель.



Рисунок 131

2). Замена инструмента.

На главной панели нажимаем ЗАМЕНЫ>СМЕНА ИНСТРУМЕНТА (рис.132), выделяем профиль и нажимаем F5. Система спрашивает «Сменить инструмент?», отвечаем ДА (рис.133).

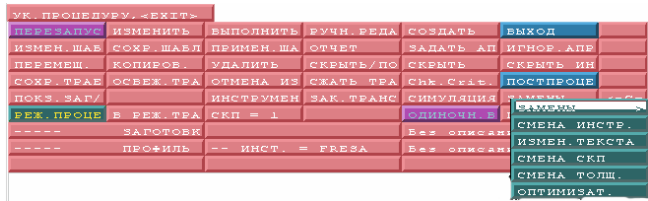


Рисунок 132



Рисунок 133

Появляется перечень созданных инструментов, выбираем нужный (рис.134) и происходит смена инструмента, что видно на главной панели (рис.135).



Рисунок 134

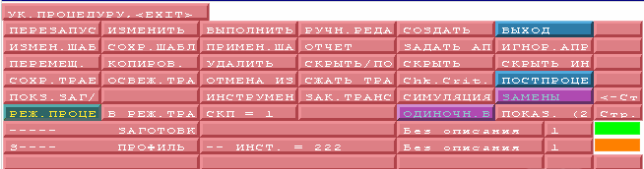


Рисунок 135

3). Изменение параметров заготовки (профиля).

На главной панели нажимаем ИЗМЕНИТЬ, выделяем заготовку (профиль) и нажимаем F5 (рис.136).

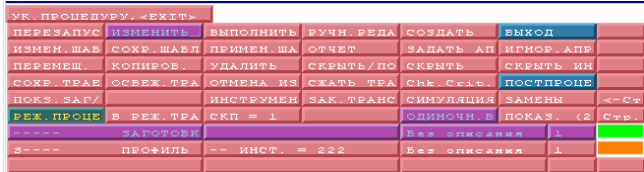


Рисунок 136

В открывшейся панели изменяем параметры заготовки (рис.137), профиля (рис.138) и нажимаем Enter.

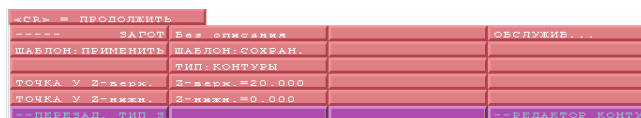


Рисунок 137

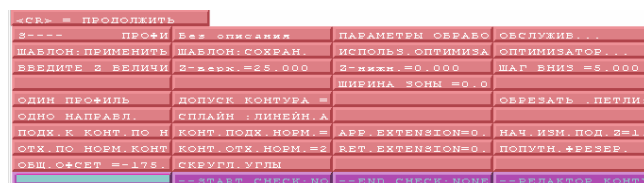


Рисунок 138

Система спрашивает «Оставить на потом?», отвечаем ДА (рис.139).



Рисунок 139

После появления главной панели. В ней нажимаем ВЫПОЛНИТЬ, указываем на заготовку (рис.140) или профиль (рис.141) и нажимаем F5. После пересчета параметры изменяются.

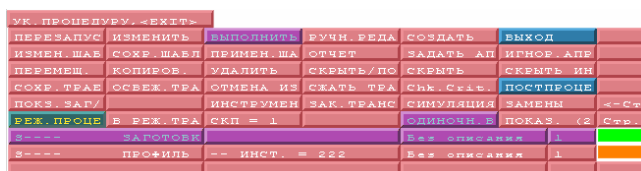


Рисунок 140

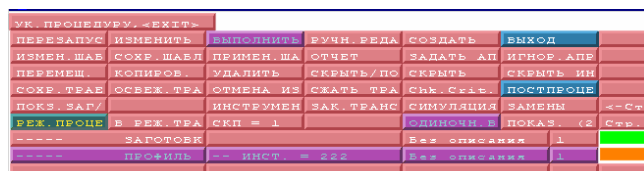


Рисунок 141

4). Удаление профиля (заготовки).

На главной панели нажимаем УДАЛИТЬ, выделяем профиль (заготовку), нажимаем F5 и подтверждаем удаление (рис.142). После чего из главной панели исчезает профиль (заготовка).

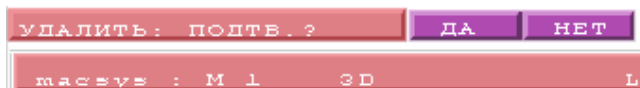


Рисунок 142

3.6. Проектирование приспособления в подсистеме CAD

Во время практики на ЯМЗ в ЦКВ на участке УСП от инструментального завода было затрачено много времени на поиск информации по УСП, там отсутствует технологическая подготовка производства (ТПП) с применением CAD/CAM-систем. Универсально-сборочные приспособления собираются вручную, и их вид зависит от фантазии рабочих. Спроектируем такое приспособление (рис. 143) для сверлильной операции, схема которого показана на рис. 144. Воспользуемся УСП, предварительно подготовив 3D модели всех деталей.

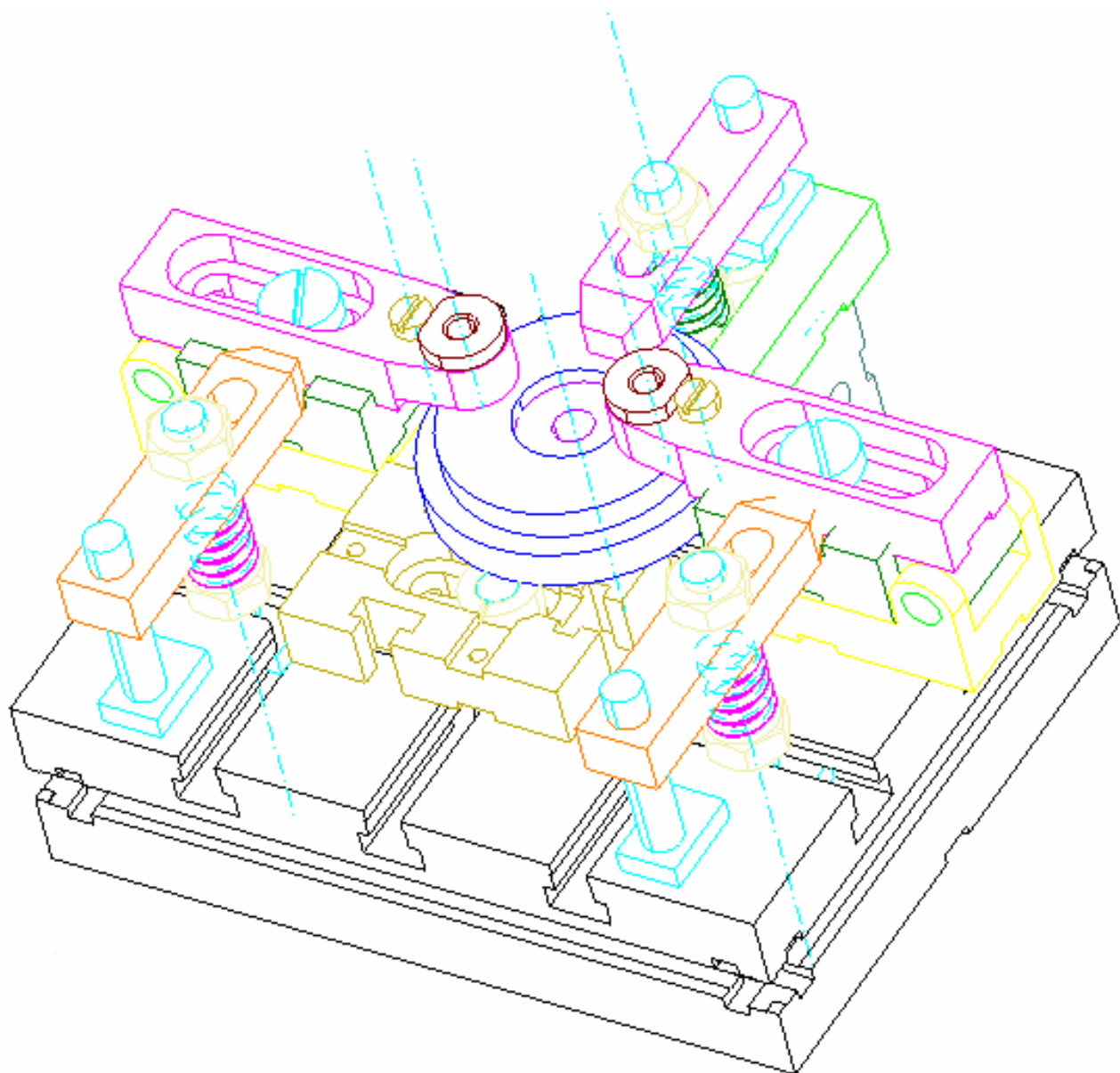


Рисунок 143

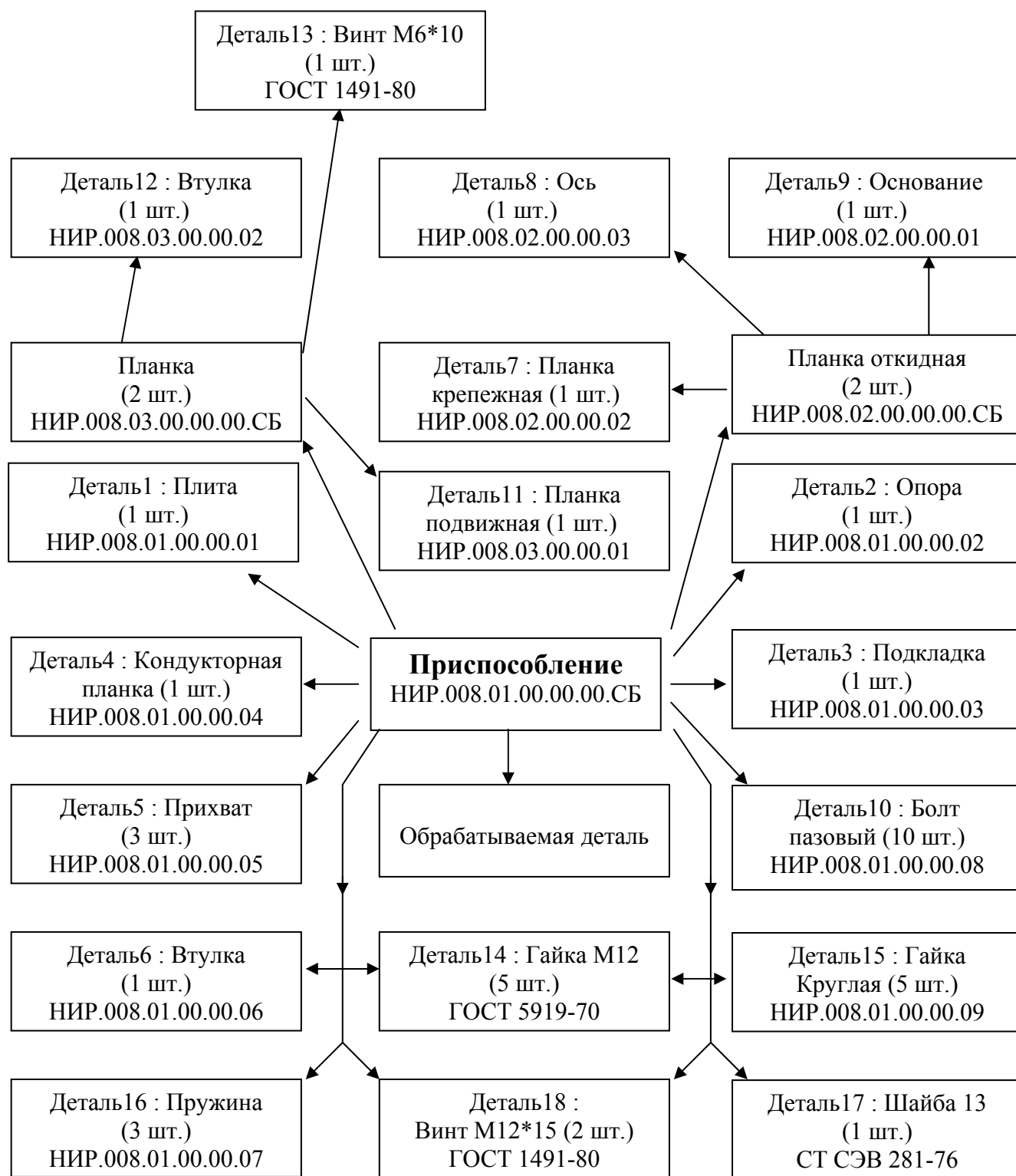


Рисунок 144 Схема сборки приспособления

Результаты моделирования деталей показаны на рисунках 145 – 163

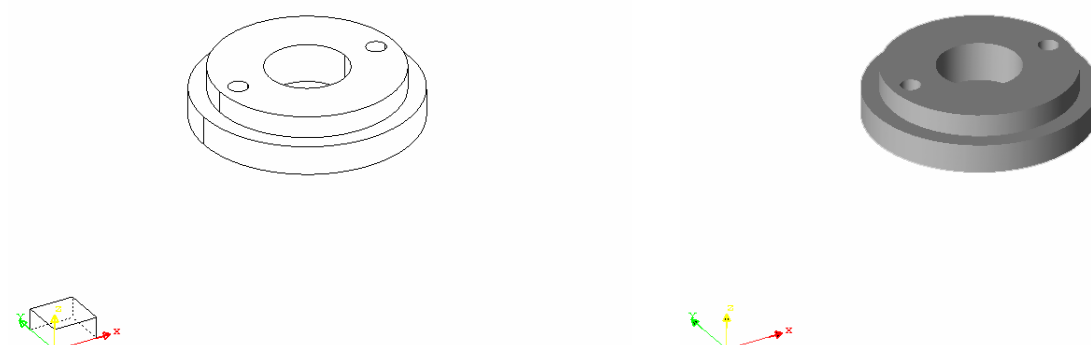


Рисунок 145 Обрабатываемая в приспособлении деталь

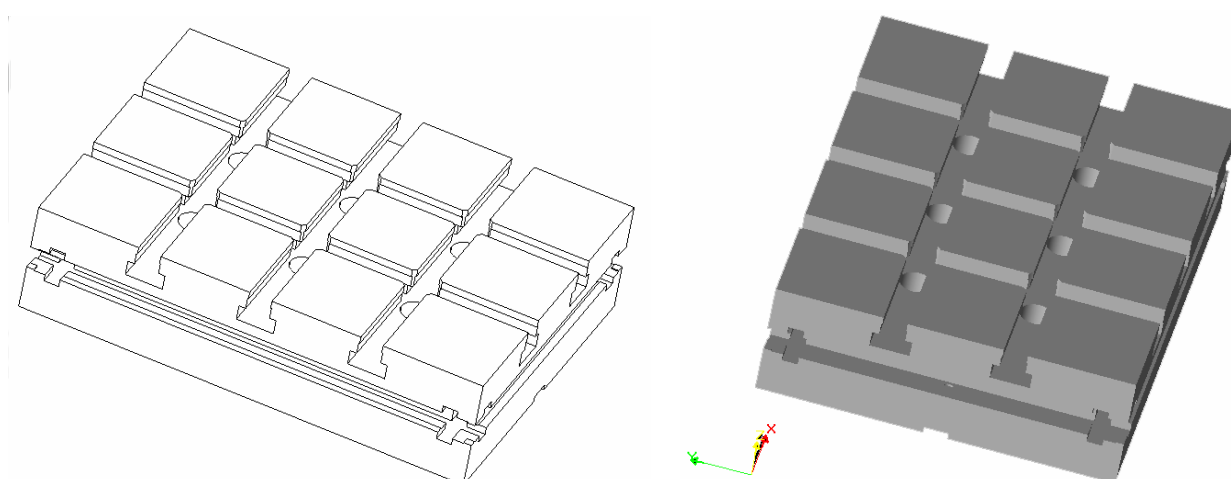


Рисунок 146 Деталь 1 - Плита

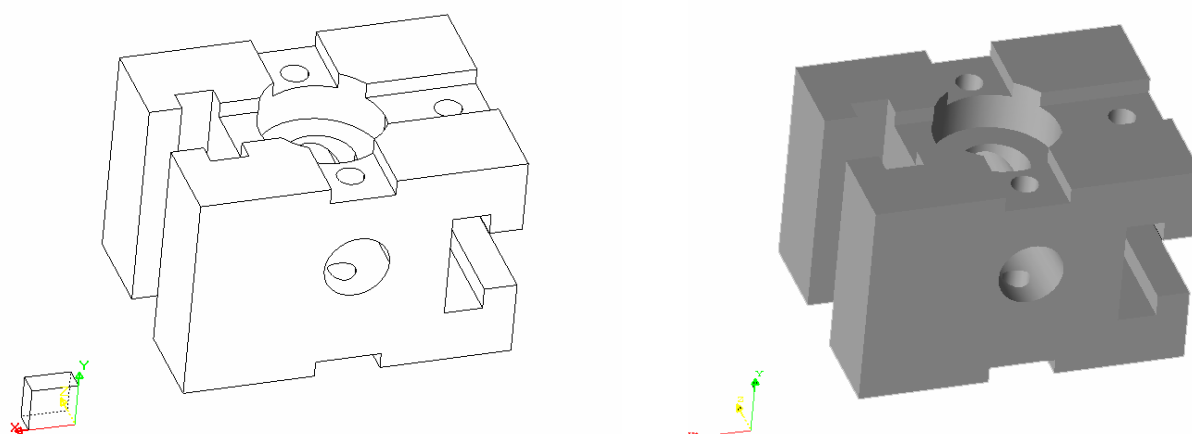


Рисунок 147 Деталь 2 - Опора

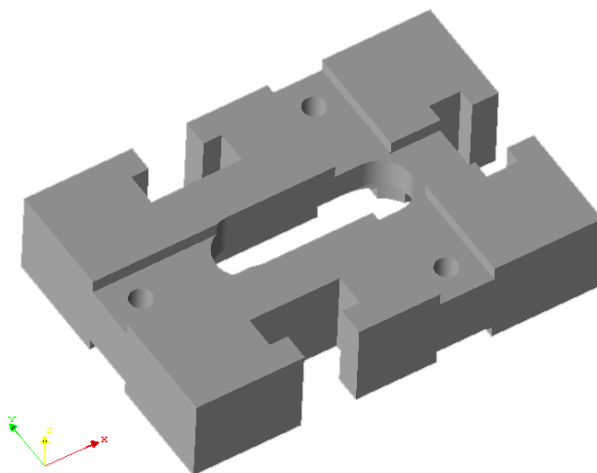
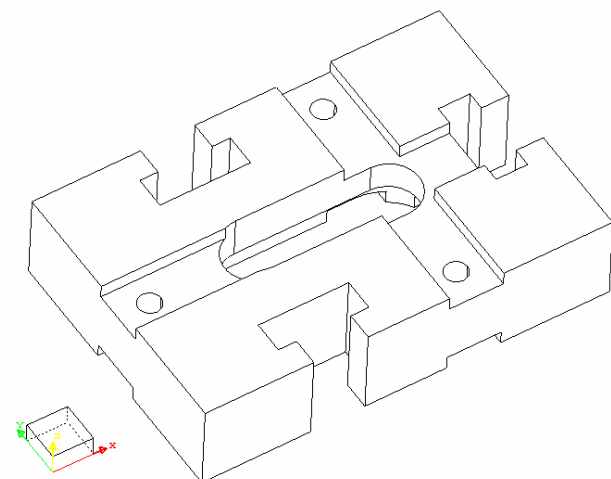


Рисунок 148 Деталь 3 – Прокладка

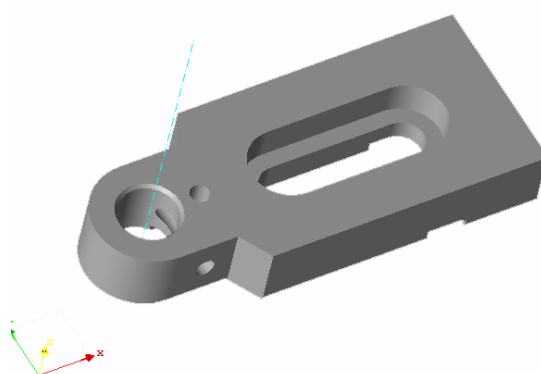
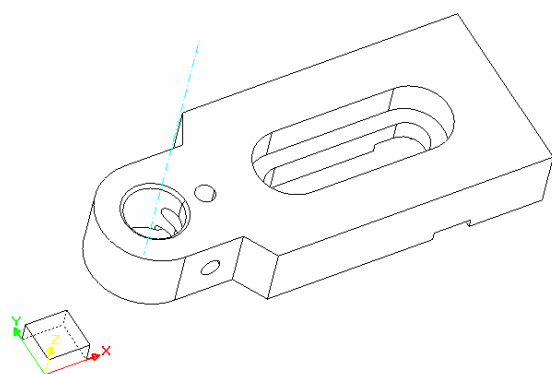


Рисунок 149 Деталь 4 –Кондукторная планка

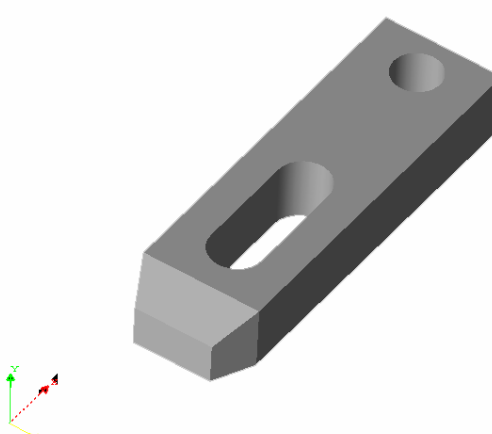
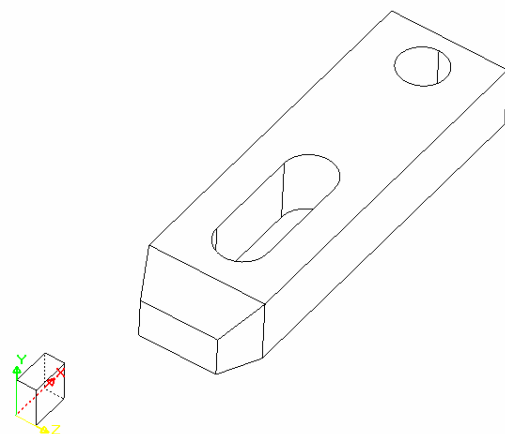


Рисунок 150 Деталь 5 – Прихват

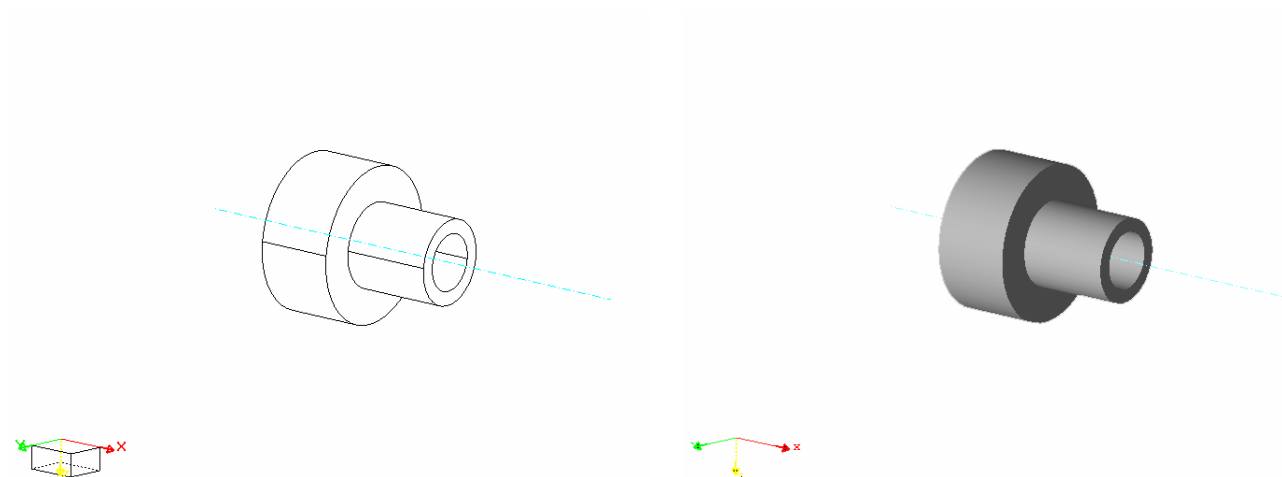


Рисунок 151 Деталь 6 – Втулка

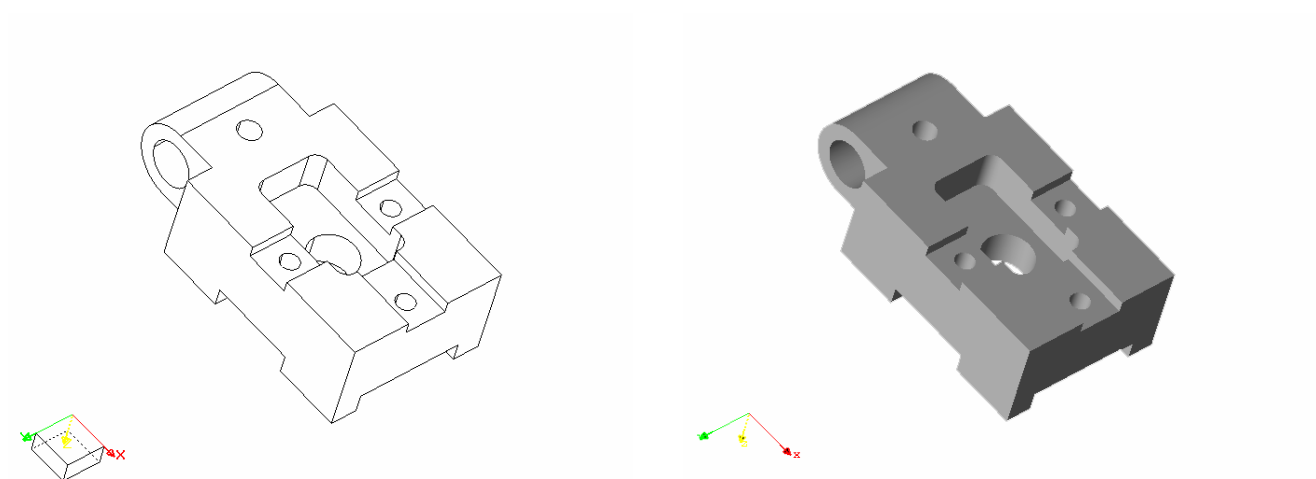


Рисунок 152 Деталь 7 – Планка крепежная

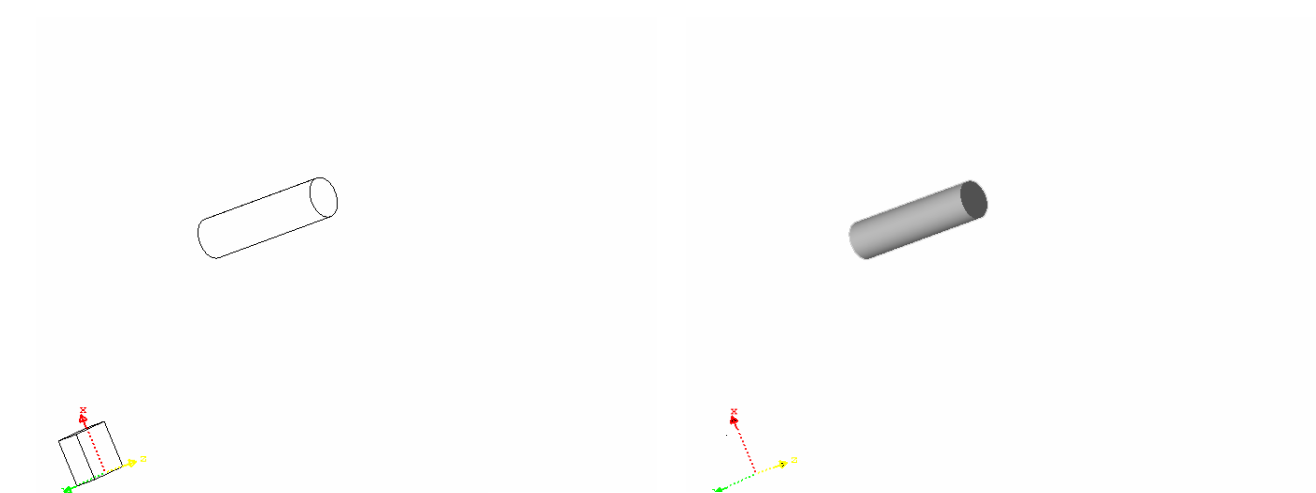


Рисунок 153 Деталь 8 - Ось

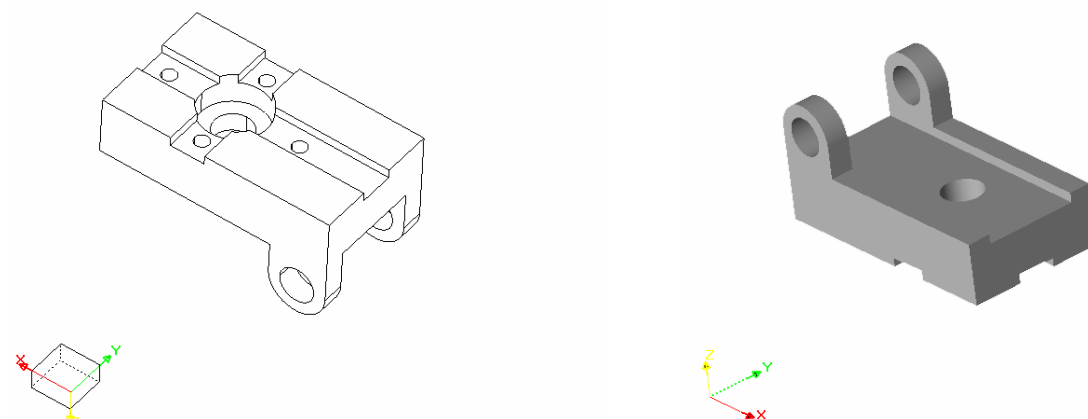


Рисунок 154 Деталь 9 - Основание

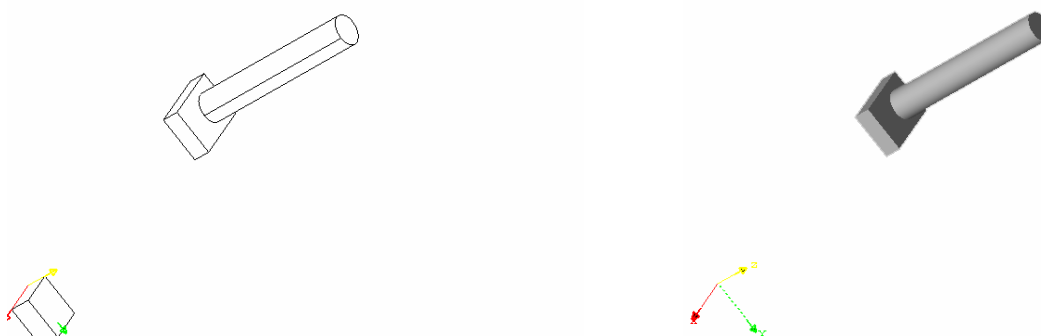


Рисунок 155 Деталь 10 – Болт пазовый

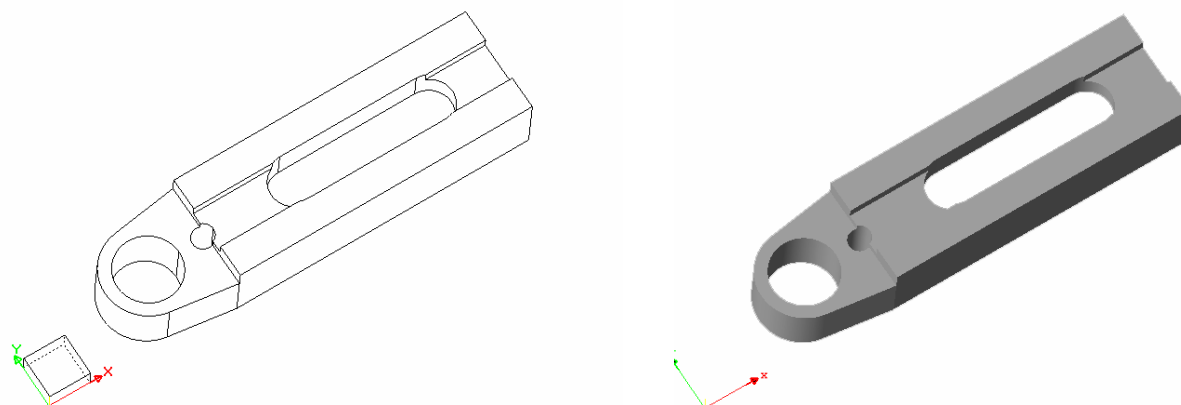


Рисунок 156 Деталь 11 – Планка подвижная

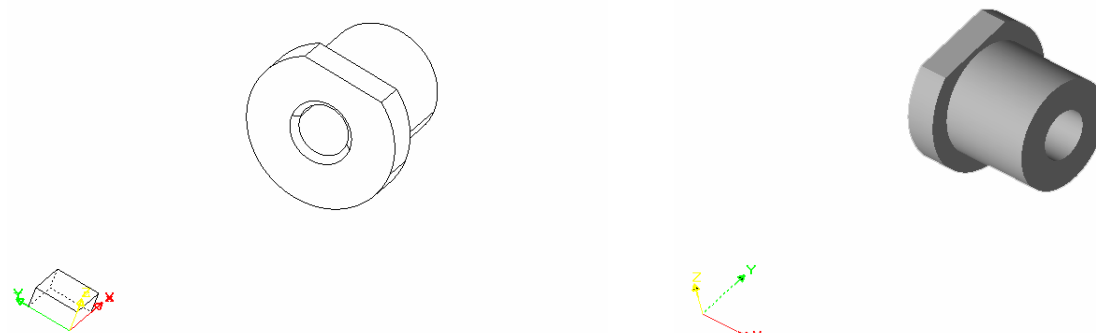


Рисунок 157 Деталь 12 - Втулка

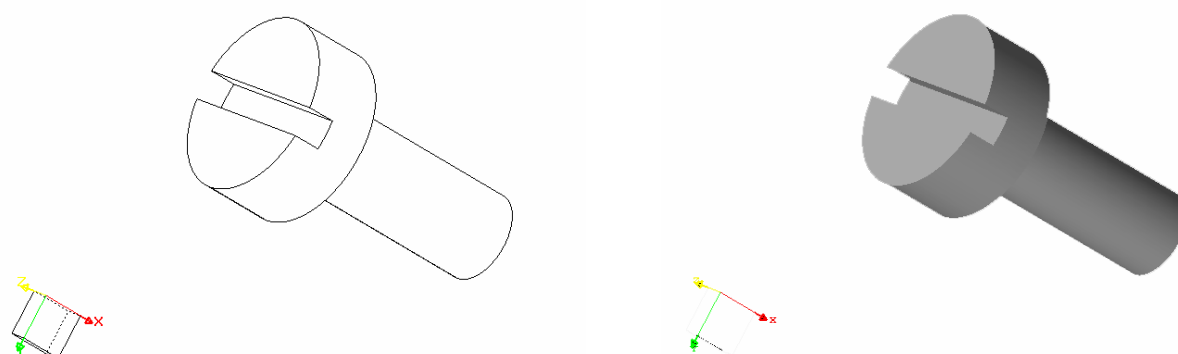


Рисунок 158 Деталь 13 - Винт



Рисунок 159 Деталь 14 – Гайка

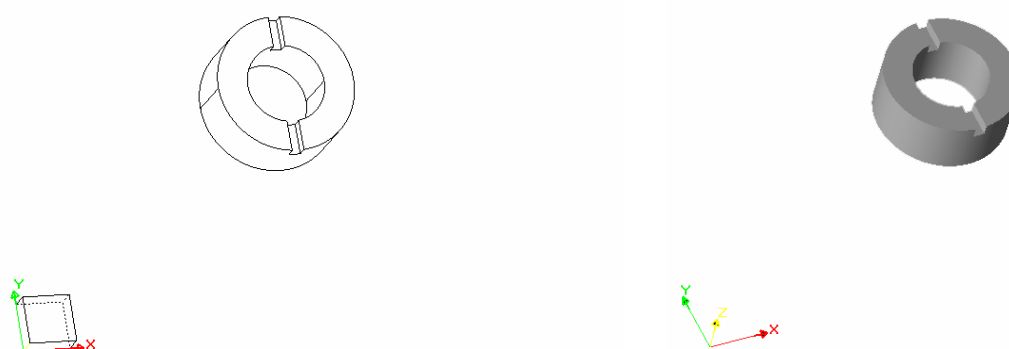


Рисунок 160 Деталь 15 – Гайка круглая

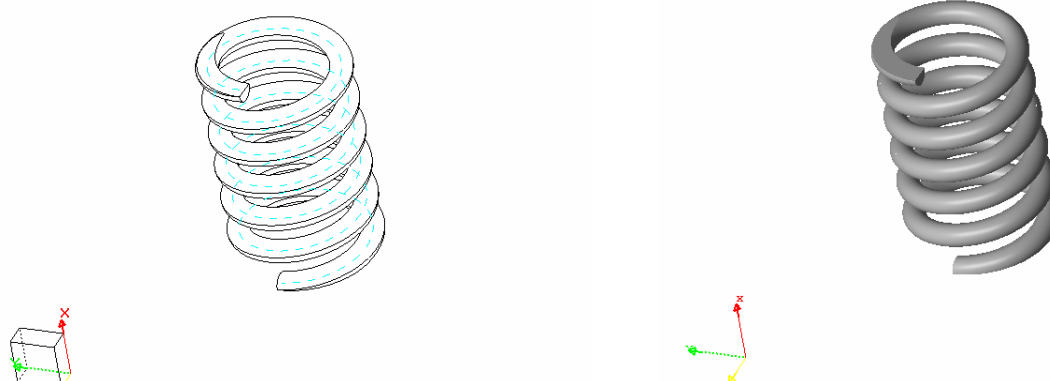


Рисунок 161 Деталь 16 - Пружина

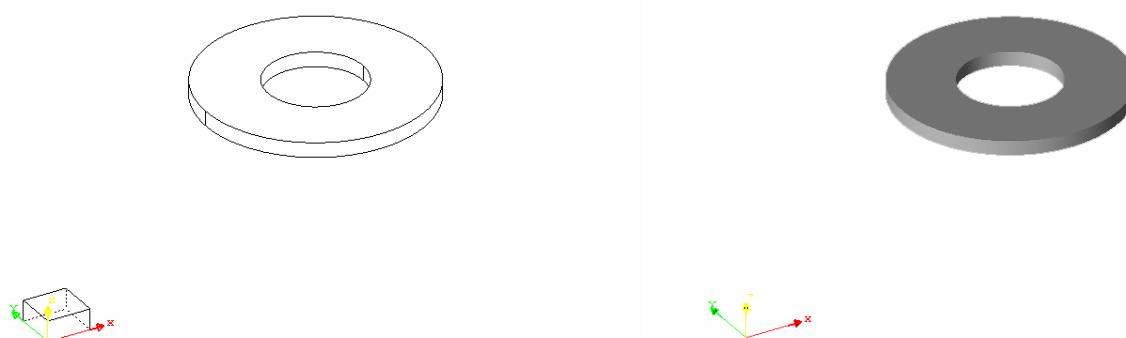


Рисунок 162 Деталь 17 - Шайба

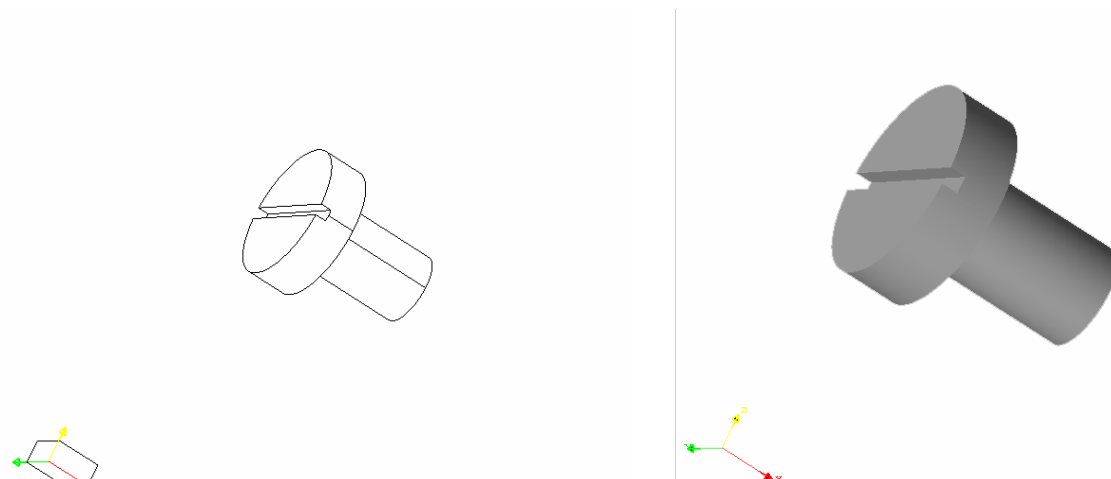


Рисунок 163 Деталь 18 - Винт

Предварительно в соответствии со спецификацией (Приложение А) созданы все детали входящие в сборку (см. рисунки 145 – 163). Приспособление является сложным, поэтому будет основная и еще несколько сборок. Начнем собирать приспособление со вспомогательных сборок.

1). Запускаем Cimatron, нажав клавишу «Сим 1ый» в закладке Главное меню. После запуска программы в строке «Введите имя файла» вводим имя создаваемого файла, нажимаем «Открыть», затем выбираем «сборка» и попадаем в среду Cimatron (рис.164).

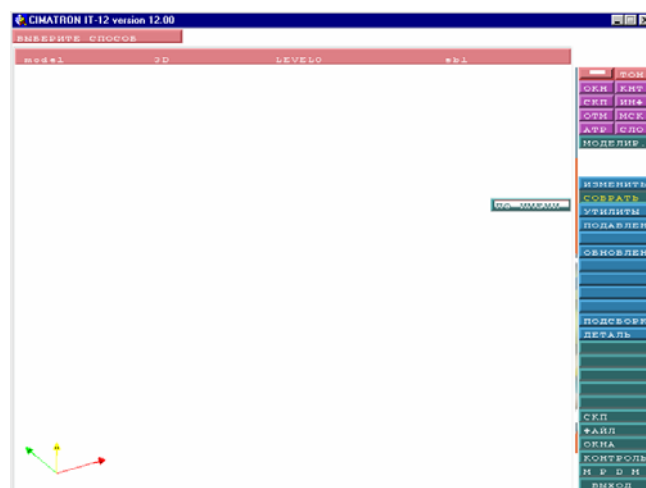


Рисунок 164

2). Выбираем СОБРАТЬ>ПО ИМЕНИ (см. рис.164), из списка выбираем базовую деталь (рис.165), открываем её, выбираем цвет детали и нажимаем «enter» (рис.166). Появляется базовая деталь выбранного цвета.



Рисунок 165

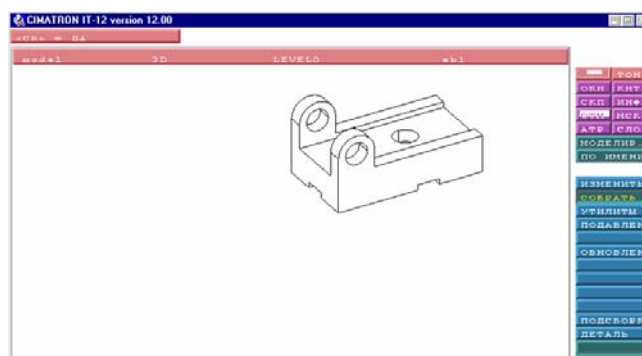


Рисунок 166

3). Снова нажимаем СОБРАТЬ>ПО ИМЕНИ, выбираем деталь, которую будем присоединять, нажимаем ОТКРЫТЬ (см. рисунки 164, 165) и указываем место расположения детали на экране, после чего появляется деталь желтым цветом (рис.167).

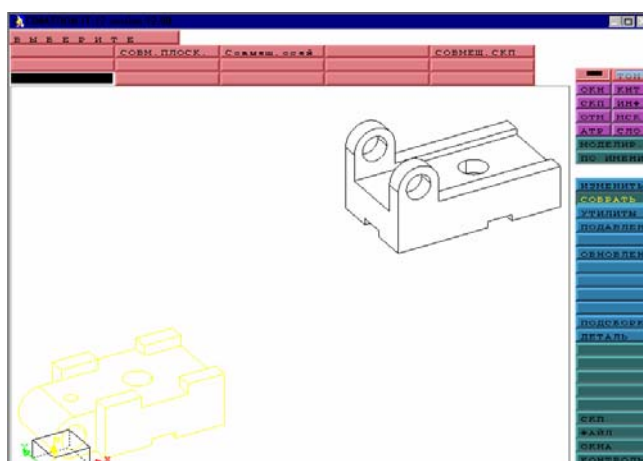


Рисунок 167

4). Выбираем СОВМЕЩЕНИЕ ПО ПЛОСКОСТЯМ и указываем плоскости присоединяемой и базовой деталей соответственно (рис.168). Нажимаем на кнопку «следующий», детали совмещаются по плоскостям (рис.169)

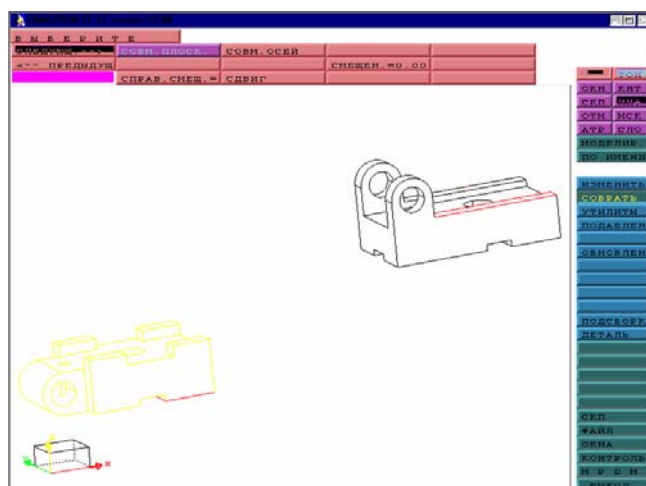


Рисунок 168

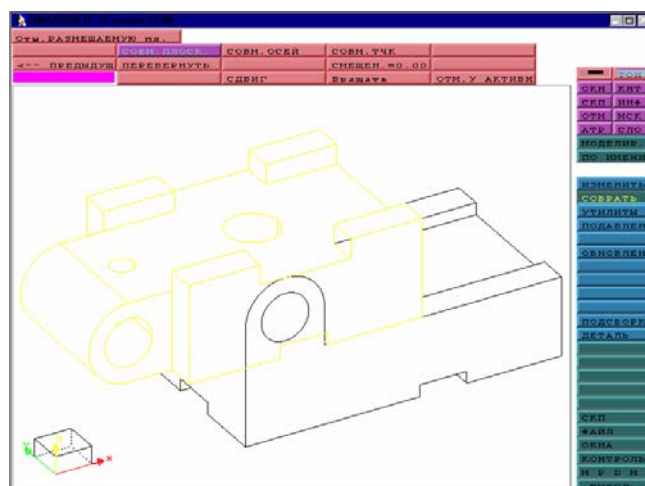


Рисунок 169

5). Выбираем СОВМЕЩЕНИЕ ОСЕЙ ПЛОСКОСТЯМ и указываем оси присоединяемой и базовой деталей соответственно (рис.170). Нажимаем на кнопку «следующий», детали совмещаются по осям (рис.171)

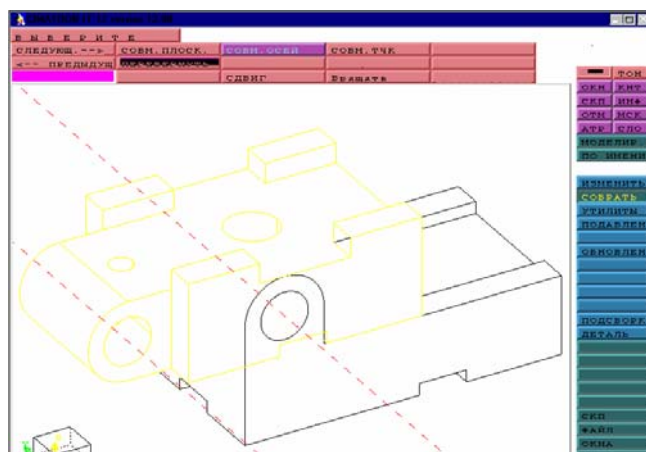


Рисунок 170

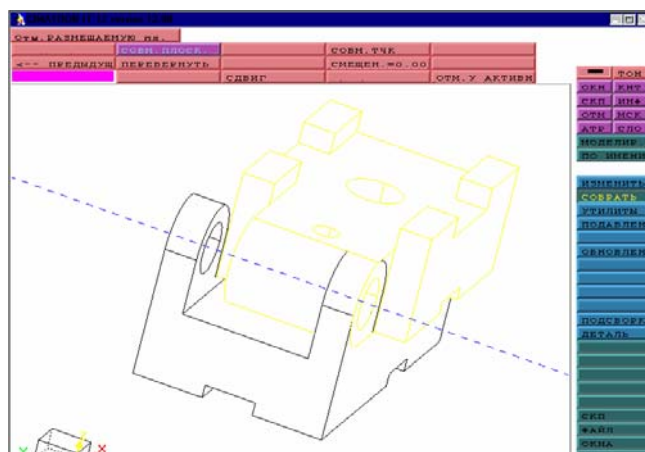


Рисунок 171

9). Следуя той же последовательности, собираем еще одну вспомогательную сборку (рис.176). Эта сборка используется два раза, поэтому сохраняем два файла.

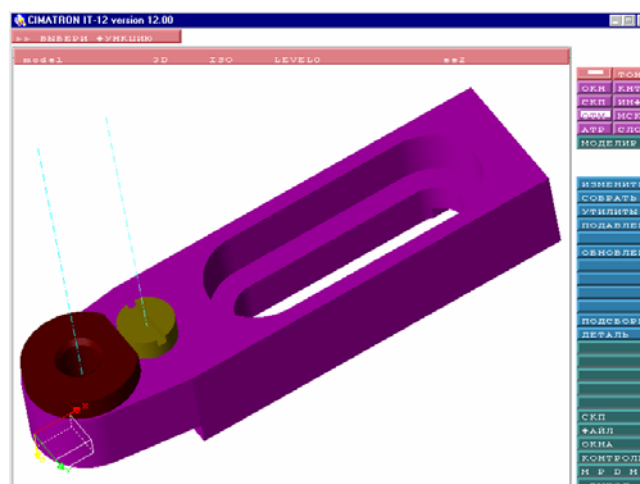


Рисунок 176

10). Общая сборка собирается так же. В ней используются более 30 деталей и 4 сборки. Базовой деталью является плита, к ней присоединяем деталь 2 - Опора с начала по плоскостям (рис.177), затем по осям и точкам (рис.178).

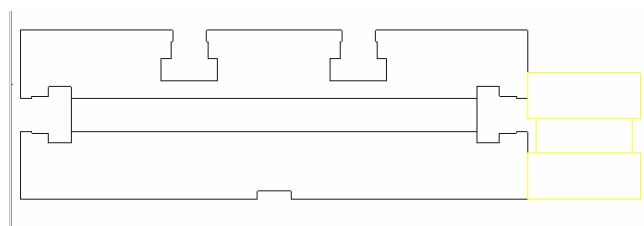


Рисунок 177

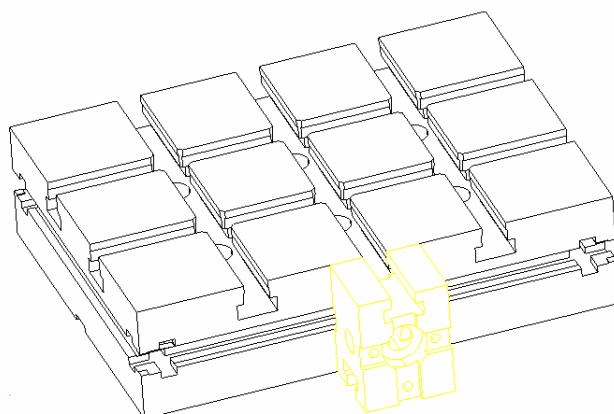


Рисунок 178

11). Добавив несколько деталей (рис.179), начинаем присоединять под сборки. Указываем файл под сборки, открываем его и показываем место расположения под сборки (см. рис.179). Далее совмещаем ее по плоскостям, осям и точкам (рис.180).

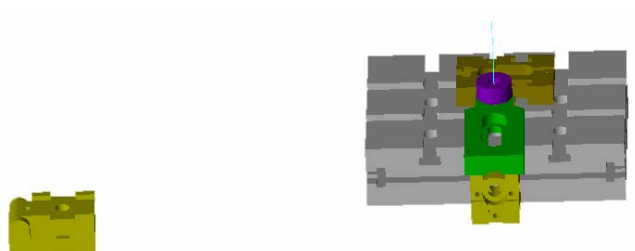


Рисунок 179

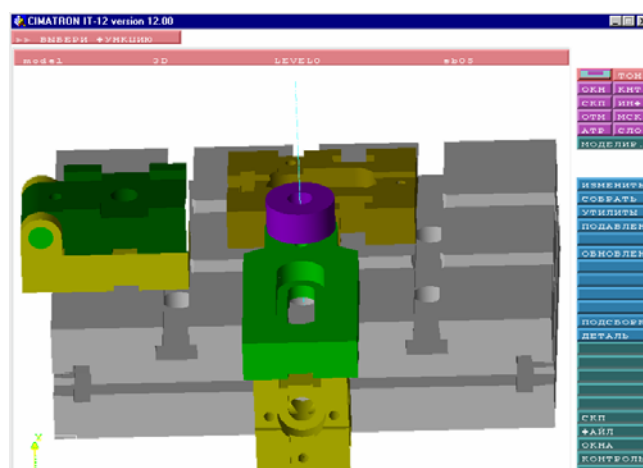


Рисунок 180

12). Готовое приспособление показано на рисунках 181, 182, 183, 184, 185, 186.

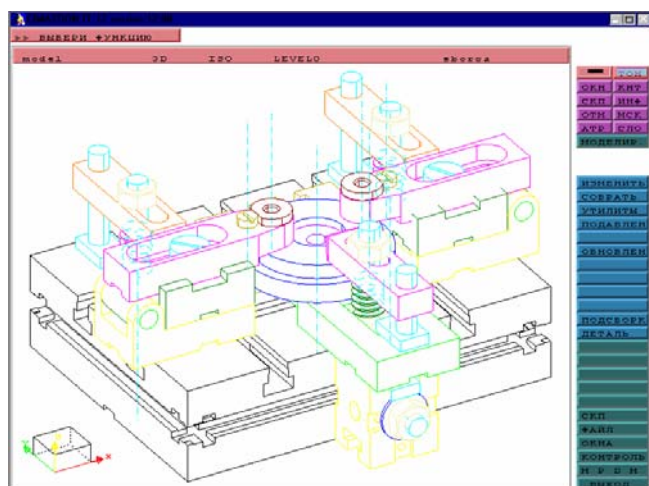


Рисунок 181

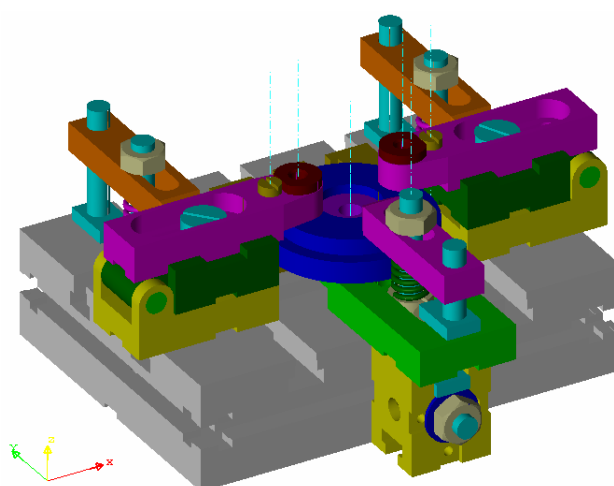


Рисунок 182

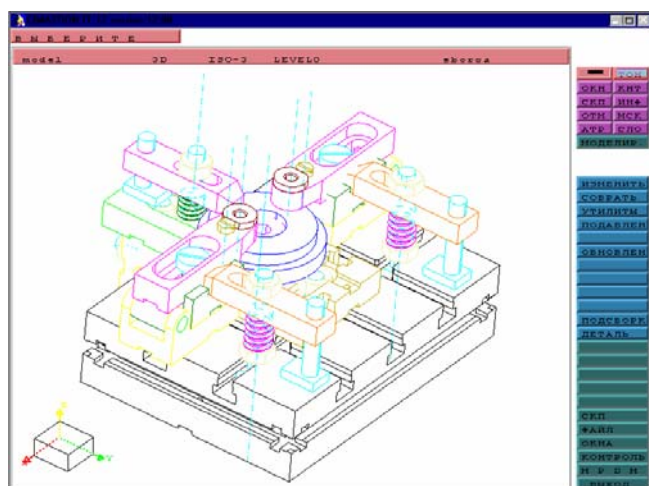


Рисунок 183

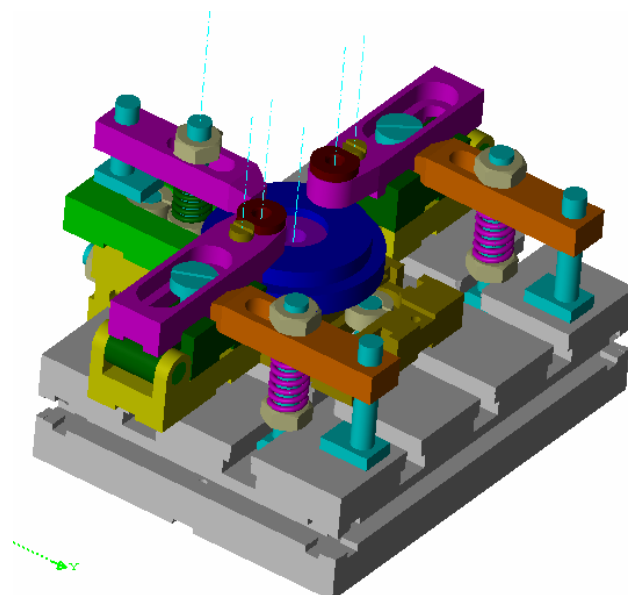


Рисунок 184

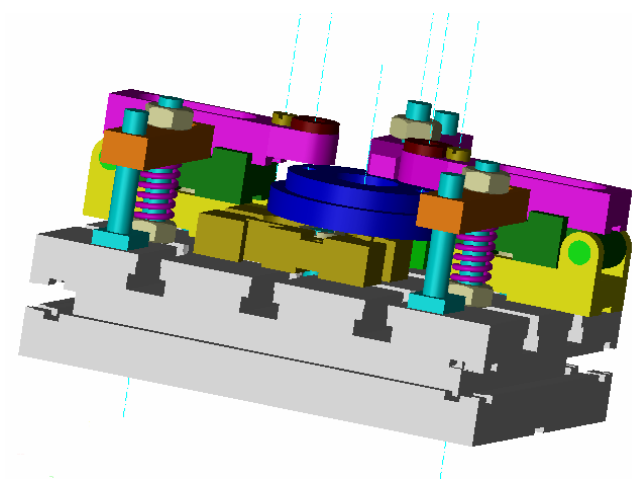


Рисунок 185

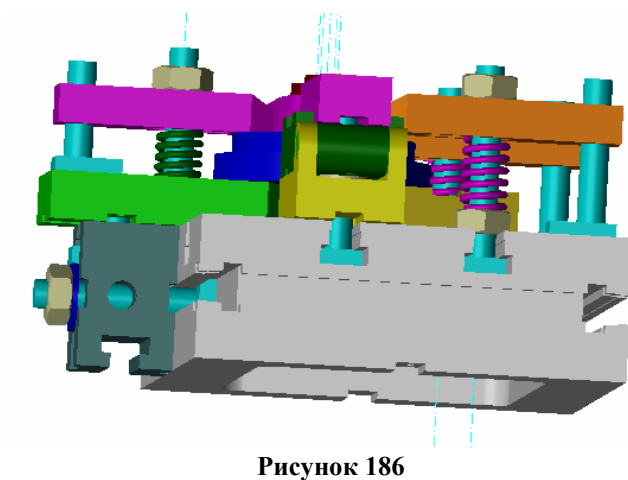


Рисунок 186

3.7. Редактирование модели собранного приспособления

1). Изменение параметров деталей.

Выбираем ИЗМЕНИТЬ>ПАРАМЕТРЫ (рис.187), отмечаем компонент у которой необходимо изменить размер (рис.188), выбираем размер, меняем его и при выходе из функции компонент и детали, зависящие от измененного размера меняют свое положение.

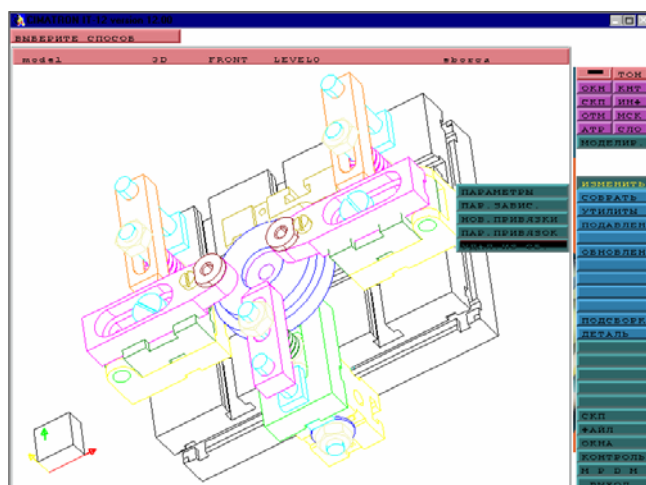


Рисунок 187

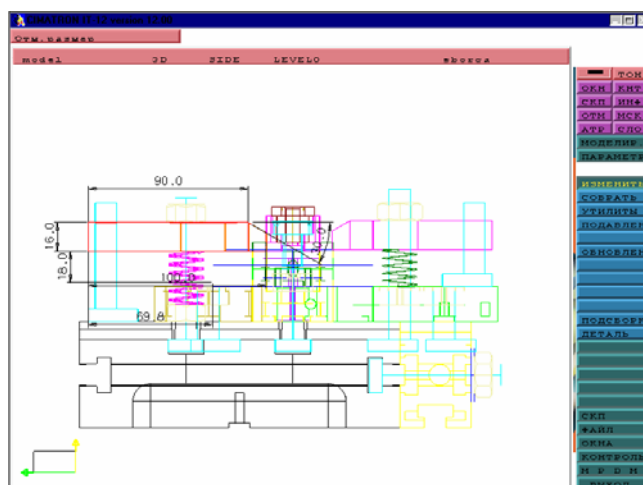


Рисунок 188

2). Изменение положения детали.

Выбираем ИЗМЕНИТЬ>НОВЫЕ ПРИВЯЗКИ (см. рис.187). Отмечаем компонент, нажимаем F5 и в появившемся меню (рис.189) компонент можно изменить по плоскости, оси и точке также как при сборке.



Рисунок 189

3). Удаление детали.

Выбираем ИЗМЕНИТЬ>УДАЛИТЬ ИЗ СБОРКИ (см. рис.187). Отмечаем компонент, нажимаем F5 и подтверждаем его удаление (рис.190). После выполнения - компонент удален (рис.191).

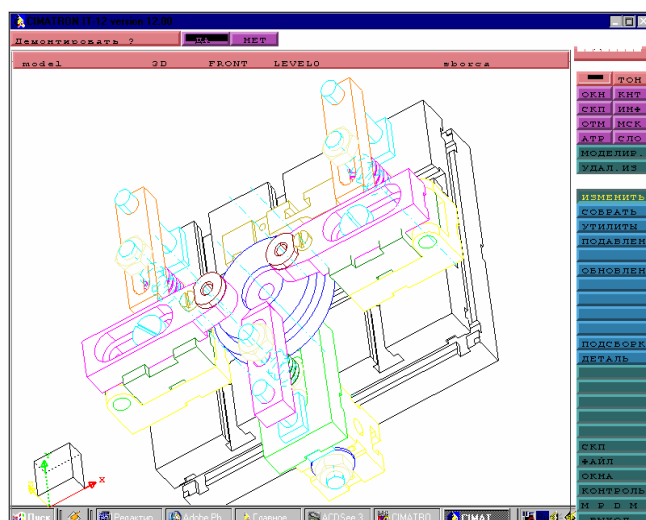


Рисунок 190



Рисунок 191

4). Перенос файлов.

Из-за того что на разных компьютерах программа установлена в разные папки (на разных дисках), необходим перенос сборки и всех деталей, входящих в сборку в папку, которая есть на другом компьютере. Список названий файлов деталей и сборок входящих в приспособление, которых необходимо переименовать:

```
Tree of Assembly d:\cimatron12\partfiles\sb24
[] - Sub-Assembly, <> - Part
```

```
[] sb24
.   - <> d01
.   - <> d2
.   - <> d3
.   - <> d4
.   - <> d5
.   - [] s1
.       - <> d7
.       - <> d8
.       - <> d9
.   - [] s2
.       - <> d7
.       - <> d8
.       - <> d9
.   - <> d6
.   - [] ss1
.       - <> d11
.       - <> d15
.       - <> d13
.   - [] ss2
.       - <> d11
.       - <> d15
.       - <> d13
.   - <> d16
.   - <> d17
.   - <> bolt-01
.   - <> bolt-02
.   - <> bolt-03
.   - <> bolt-04
.   - <> gaika-01
.   - <> gaika-02
.   - <> gaika-03
.   - <> gaika-04
.   - <> prog-01
.   - <> prog-02
.   - <> bolt-05
.   - <> shaj1
.   - <> gaika-05
.   - <> bolt-06
.   - <> gaika-06
.   - <> bolt-07
.   - <> gaika-07
.   - <> d18
.   - <> bolt-08
.   - <> gaika-08
.   - <> gaika-09
.   - <> prog3
.   - <> bolt-09
.   - <> bolt-10
.   - <> bolt-11
.   - <> bolt-12
.   - <> gaika10
.   - <> bolt-13
.   - <> gaika11
```

Выбираем УТИЛИТЫ>НОВОЕ ИМЯ (рис.192). Появляется список всех деталей и сборок, входящих в общую сборку (рис.193). Все их необходимо переименовать с указанием полного пути.

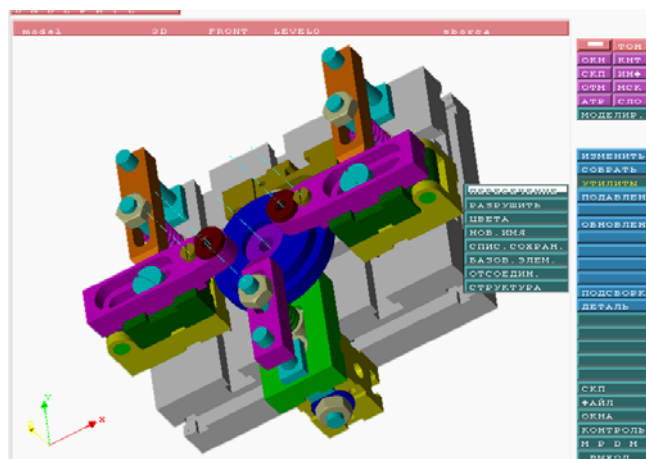


Рисунок 192

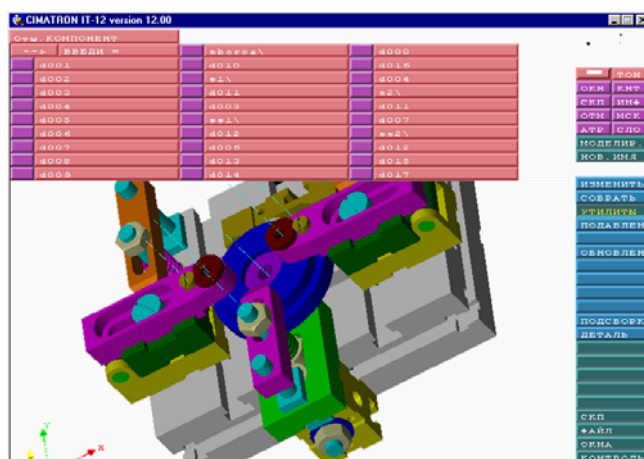


Рисунок 193

Для этого выделяем имя, нажимаем F5, пишем новое имя (рис.194) и нажимаем Enter. Система предлагает еще раз ввести новое имя (рис.195), если имя набрано правильно, нажимаем F5. На экране появилось новое имя (рис.196).



Рисунок 194

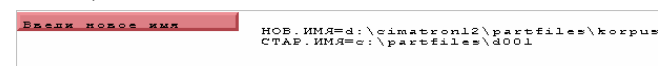


Рисунок 195

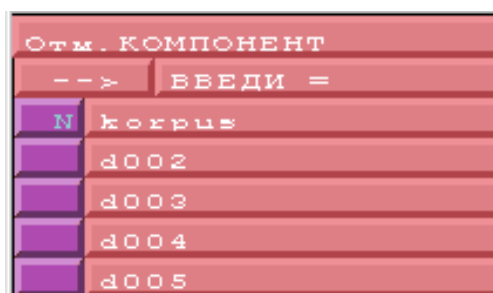


Рисунок 196

После того как все детали переименованы, нажимаем F5 и для подтверждения нажимаем ДА (рис.197).



Рисунок 197

Список названий файлов деталей и сборок входящих в приспособление, после изменения имен:

```
Tree of Assembly c:\partfiles\sborca
[] - Sub-Assembly, <> - Part
```

```
[ ] sborca
. - <> d000
. - <> d001
. - <> d010
. - <> d016
. - <> d002
. - [ ] s1
. - <> d004
. - <> d003
. - <> d011
. - [ ] s2
. - <> d004
. - <> d003
. - <> d011
. - <> d005
. - [ ] ss1
. - <> d007
```



```

.      - <> d006
.      - <> d012
.      - [] ss2
.      - <> d007
.      - <> d006
.      - <> d012
.      - <> d008
.      - <> d013
.      - <> d015
.      - <> d009
.      - <> d014
.      - <> d017
.      - <> d026
.      - <> d035
.      - <> d018
.      - <> d027
.      - <> d036
.      - <> d019
.      - <> d028
.      - <> d038
.      - <> d020
.      - <> d029
.      - <> d037
.      - <> d021
.      - <> d030
.      - <> d039
.      - <> d022
.      - <> d031
.      - <> d040
.      - <> d023
.      - <> d033
.      - <> d041
.      - <> d024
.      - <> d032
.      - <> d042
.      - <> d025
.      - <> d034

```

5). Раздвинуть сборку.

Выбираем УТИЛИТЫ>РАЗРУШИТЬ (см. рис.192). В открывшемся окне выбираем смещение 70 (рис.198) и нажимаем Enter.



Рисунок 198

Детали раздвигаются на указанное расстояние (рисунки 199 - 202). При нажатии кнопки ВОЗВРАТ (см. рис.199), сборка возвращается в исходное состояние.

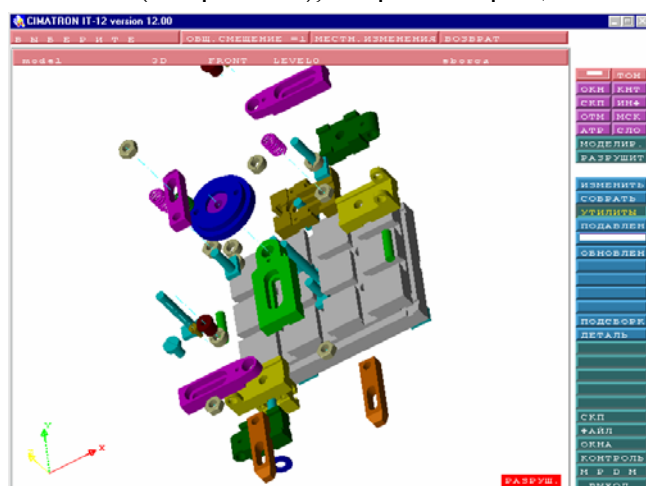


Рисунок 199

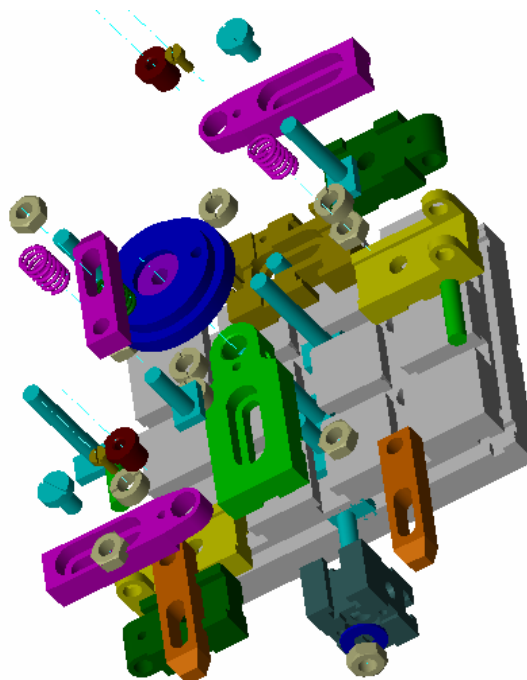


Рисунок 200

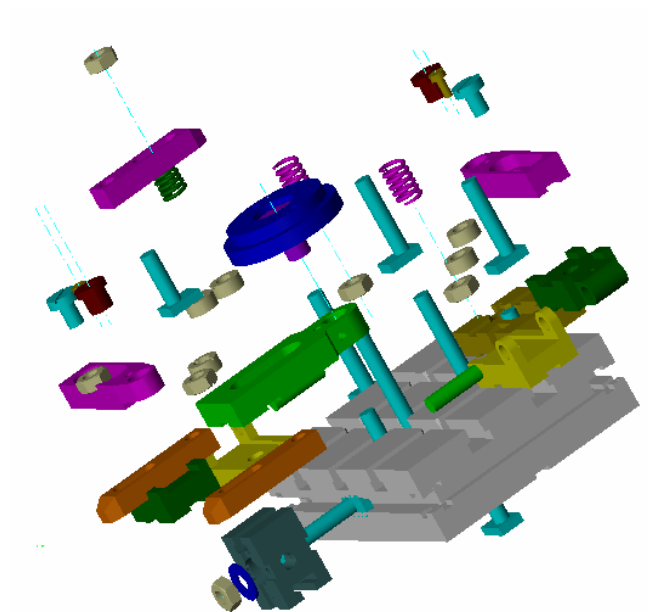


Рисунок 201

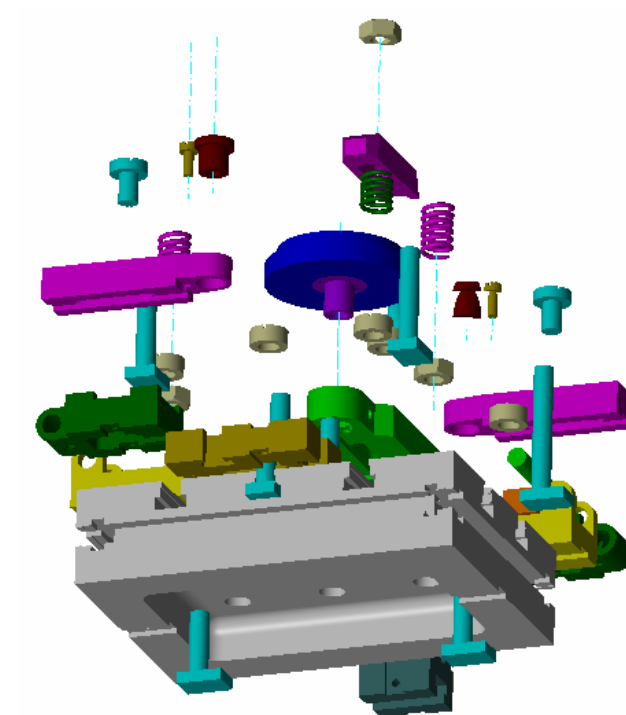


Рисунок 202

M98 P1001 G00 X222. Y2. Z30. X-159. Z21. G01 Z15. F105 M98 P1001 G00 X222. Y2. Z30. X-159. Z16. G01 Z10. F105 M98 P1001 G00 X222. Y2. Z30. X-159. Z11. G01 Z5. F105 M98 P1001 G00 X222. Y2. Z30. X-159. Z6. G01 Z0.0 F105 M98 P1001 G00 X222. Y2. Z30. M30 %	F105 – Подача M98 – Вспомогательная функция P - Ось X (еще какое-то дополнительное движение) G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку G01 – Перемещение с запрограммированной скоростью по прямой F105 – Подача M98 – Вспомогательная функция P - Ось X (еще какое-то дополнительное движение) G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку G01 – Перемещение с запрограммированной скоростью по прямой F105 – Подача M98 – Вспомогательная функция P - Ось X (еще какое-то дополнительное движение) G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку G01 – Перемещение с запрограммированной скоростью по прямой F105 – Подача M98 – Вспомогательная функция P - Ось X (еще какое-то дополнительное движение) G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку G01 – Перемещение с запрограммированной скоростью по прямой F105 – Подача M98 – Вспомогательная функция P - Ось X (еще какое-то дополнительное движение) G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку M30 – Конец ленты: выключает шпиндель, возврат в исходное состояние, перемотка ленты [5].
--	--

7). Таким же образом получаем программу для сверления (табл. 9)

Таблица 9

Содержание	Пояснения
% O0100 T01 G90 G80 G00 G17 G40 M23 G43 H01 Z50. S M03 S M03 G00 X50. Y50. Z0.0 M09 S M03 Y0.0 S M03 X26. Z-41.807 R Q P I J S F350 S M03 G00 X50. M30 %	% - Начало кадра T01 – Взятие из магазина инструмента №1 – сверло G90 - Отсчет перемещения производится от нулевой точки G80 – Отмена постоянного цикла G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку G17 – Выбор плоскости G40 – Отмена коррекции режущего инструмента M23 – Вспомогательная функция G43 – Коррекция инструмента – положительная S - Частота вращения шпинделя M03 – Включает шпиндель по часовой стрелке G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку M09 - Отключение охлаждения Сверление и возврат сверла в тачку начала сверления. F350 – подача 350 мм/мин G00 – Перемещение на быстром ходу в заданную точку M30 – Конец ленты: выключает шпиндель, возврат в исходное состояние, перемотка ленты [5].

3.9. Проектирование режущего инструмента в подсистеме CAD

В ТПП важной частью является проектирование технологической оснастки. Спроектируем резец-вставку со сменными пластинами (рис.209), схема которого показана на рис. 210.

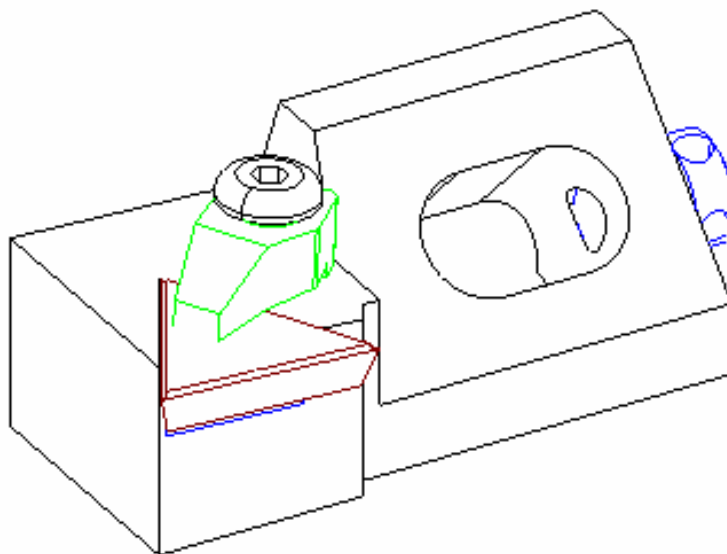


Рисунок 209



Рисунок 210 Схема сборки Резца-вставки

В соответствии со спецификацией (Приложение Б) создаем детали входящие в сборку (см. рисунки 211 – 218).

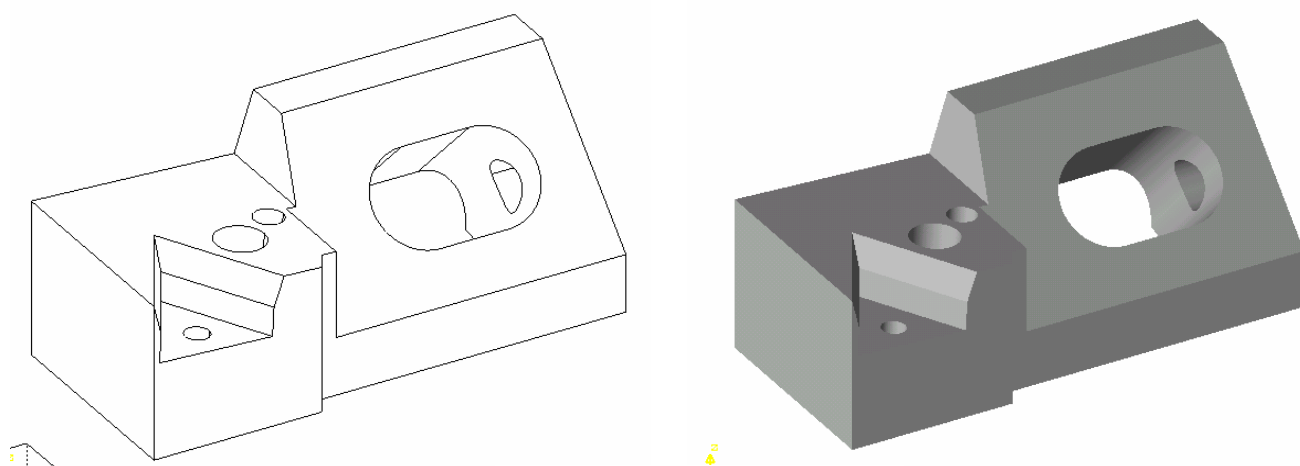


Рисунок 211 Деталь 1 - Корпус

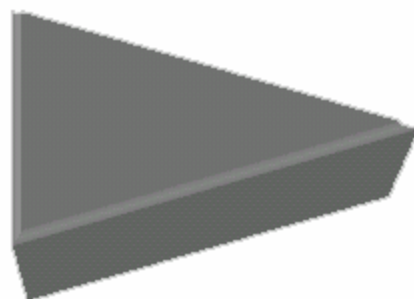
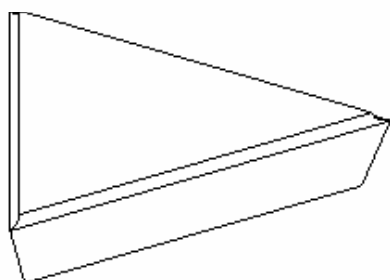


Рисунок 212 Деталь 2 - Пластина

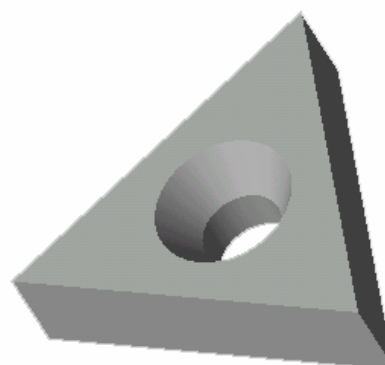
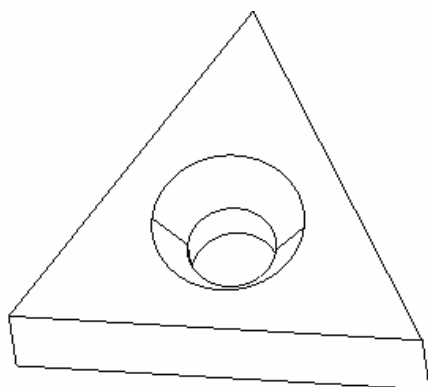


Рисунок 213 Деталь 3 - Подкладка

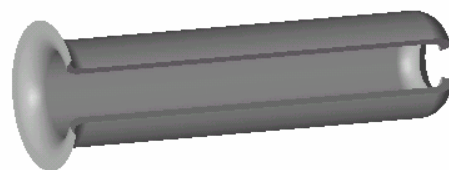
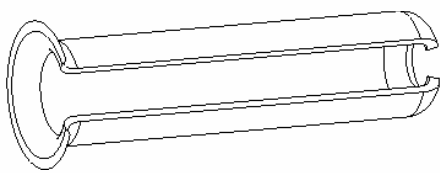


Рисунок 214 Деталь 4 – Штифт подкладки

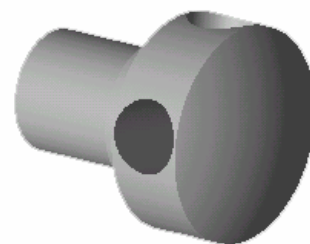
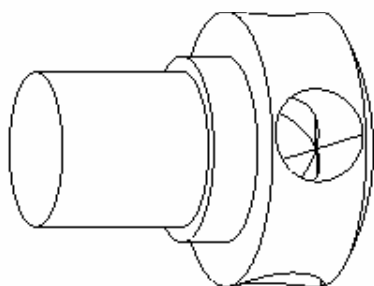


Рисунок 215 Деталь 5 – Винт осевой

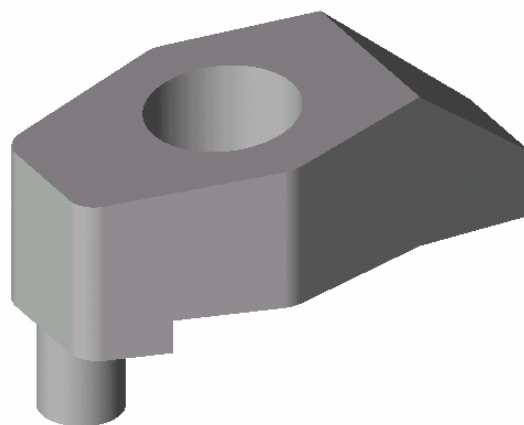
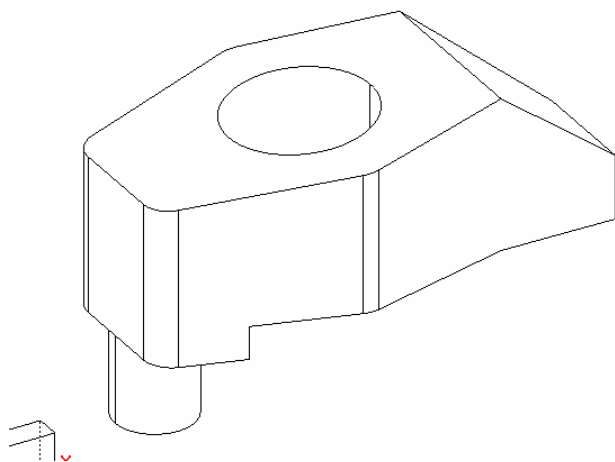


Рисунок 216 Деталь 6 - Прихват

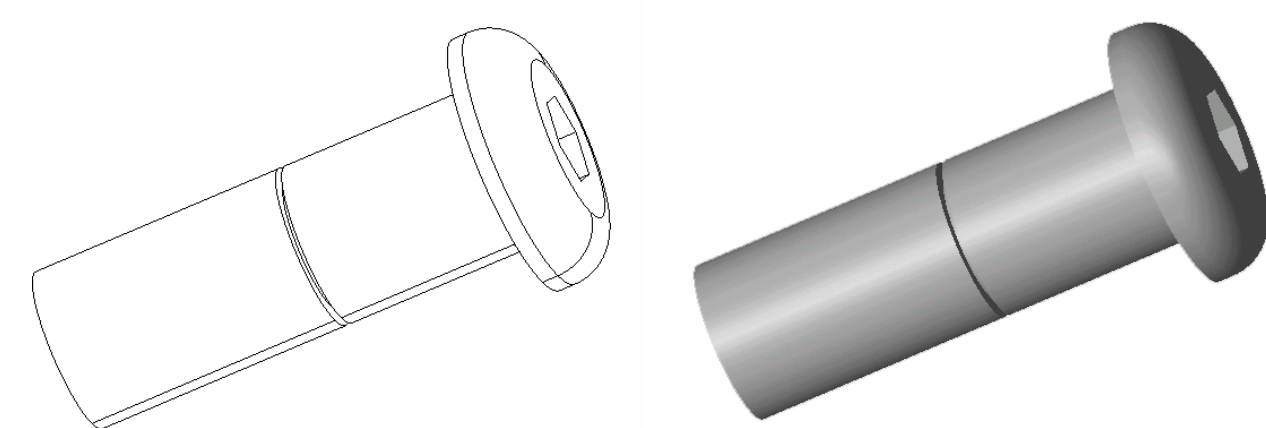


Рисунок 217 Деталь 7 - Винт



Рисунок 218 Деталь 8 - Кольцо пружинное

После того как производим сборку, получаем резец-вставку (рис. 219).

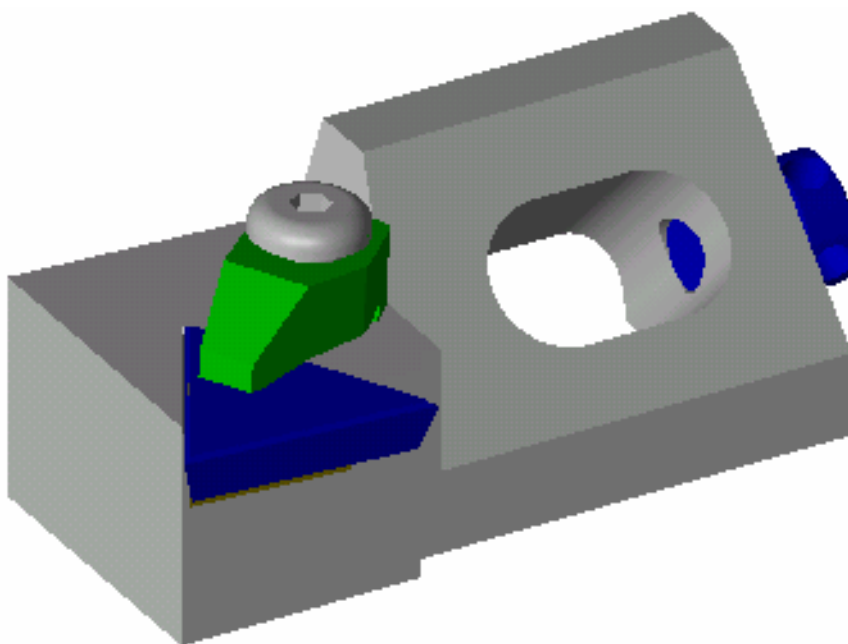


Рисунок 219

Резец-вставка в раздвинутом виде (рис. 220).

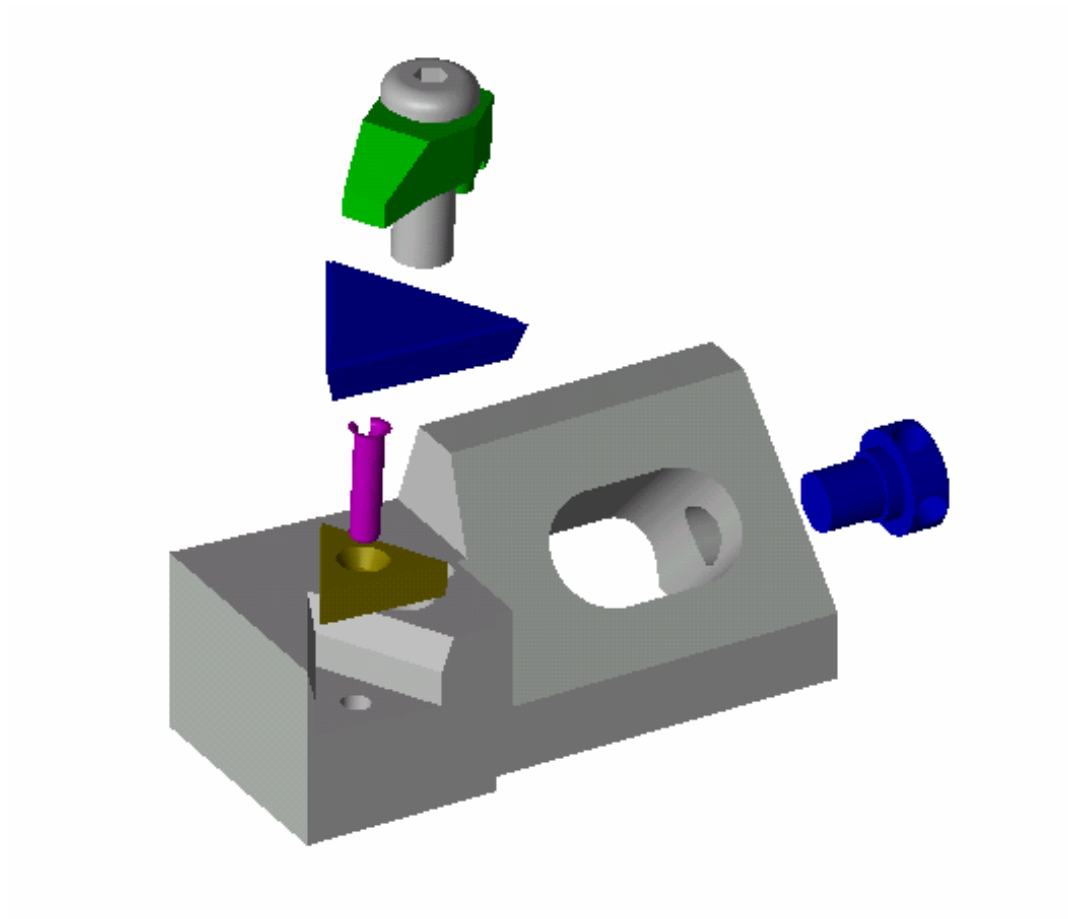


Рисунок 220

4. Технологическая часть

4.1. Служебное назначение

Деталь «Корпус подшипника 238AK.4200100» (рис. 221) используется в с/х комбайнах. Он крепится к коробке скоростей. Через корпус подшипника проходит вал, который передает вращение от коробки скоростей другим вращающимся частям машины. Вал в корпусе крепится на подшипнике.

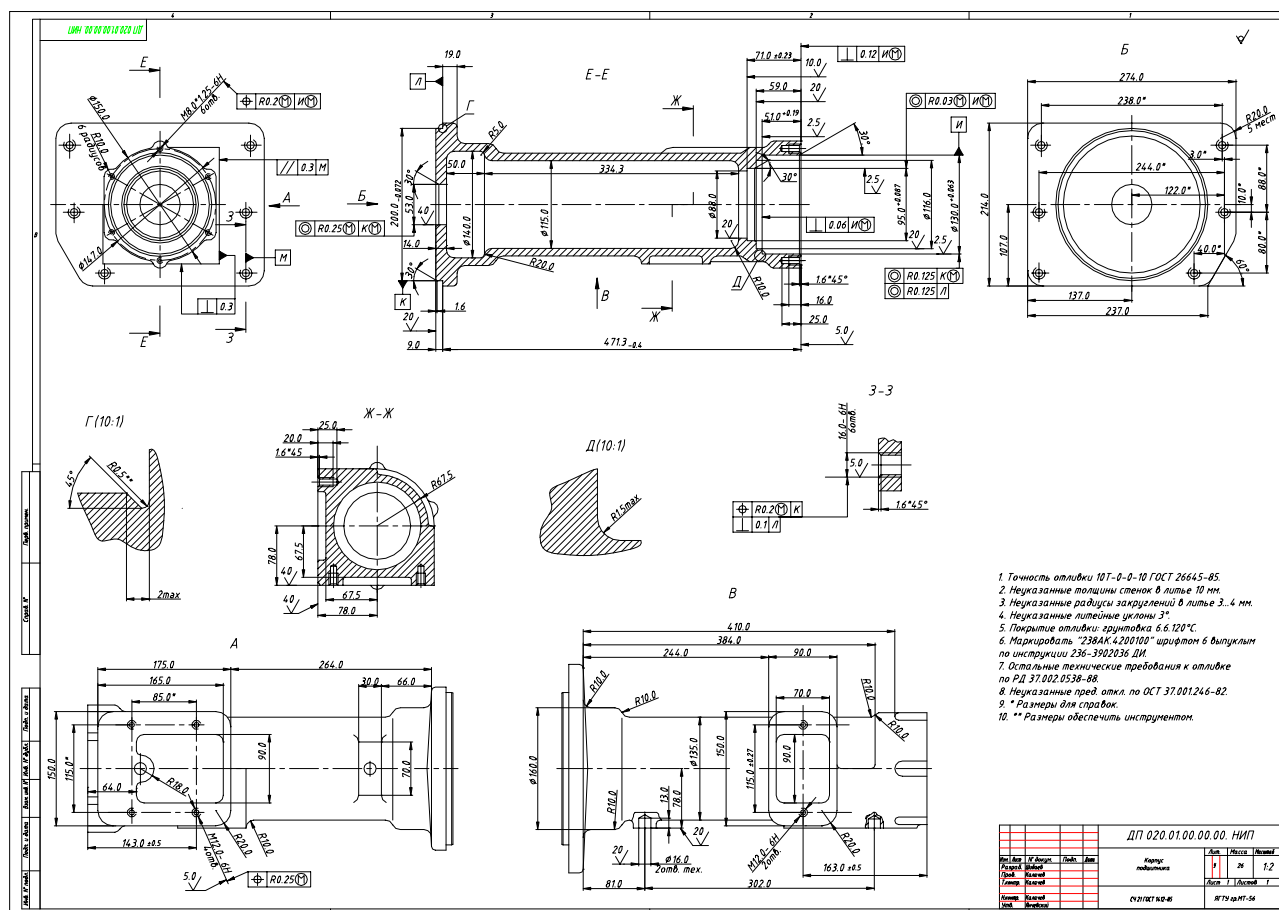


Рисунок 221

4.2. Выбор заготовки

Выбор заготовки – один из важнейших моментов проектирования технологического процесса. От правильного выбора заготовки и метода её получения зависит и разработка технологического процесса.

В современном производстве одним из важнейших направлений развития технологии механической обработки является выбор изготовления заготовок, обеспечивающих возможность применения наиболее рациональных способов их обработки. Это требует непрерывного роста точности заготовок с приближением их конструктивных форм и размеров к готовым деталям, что позволяет сократить применение обработки резанием.

На выбор метода получения заготовки оказывают влияние: материал детали, её назначение, технические требования на изготовление, объём и серийность выпуска, форма поверхностей и размеры детали.

Материал заготовки – СЧ 21 ГОСТ 1412-85.

Объём выпуска – 4000 шт в год

Метод получения заготовки выбираем аналогичным существующему на производстве - это отливка.

4.3. Технологичность изделия

Провожу предварительную оценку технологичности конструкции изделия по укрупнённым показателям:

а) Коэффициент использования материала:

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{M_{\text{д}}}{M_{\text{з}}};$$

где $M_{\text{д}}$ – масса детали, кг;
 $M_{\text{з}}$ – масса заготовки, кг.

$$K_{\text{и.м.}} = \frac{25}{26} = 0,96$$

б) Коэффициент унификации поверхности:

$$K_{\text{у.п.}} = \frac{P_{\text{ор}}}{P_{\text{т}}};$$

где $P_{\text{ор}}$ – число оригинальных поверхностей у изделия;
 $P_{\text{т}}$ – число типовых поверхностей у изделия.

$$K_{\text{у.п.}} = \frac{3}{12} = 0,25$$

Деталь технологична. Материал заготовки – это широкоприменяемый материал, он хорошо обрабатывается резанием. Заготовка выполнена с минимальными припусками, это позволяет способ получения заготовки.

Все поверхности заготовки открыты и доступны режущему инструменту, при базировании не возникает трудностей.

Для измерения параметров и контроля детали не требуется специальных инструментов, а применяются широкоиспользуемые средства измерения: калибры, скобы, пробки, штангенциркуль.

Данный способ получения заготовки является производительным и полностью обеспечивает физико-механические свойства детали.

4.4. Расчет промежуточных размеров и припусков

Заготовка представляет собой отливку второго класса точности ([23] стр. 30 табл. 8), массой 26 кг. Технологический маршрут обработки торца 171,3 - 0,4 состоит из двух операций: чернового и чистового точения. Заготовка базируется на плоскость основания и два отверстия $\Phi 16$ мм, изготовленных предварительно. Схема установки (рис.222).

Расчет припусков на обработку торца 471,3 мм. Ведем путем составления табл. 10, в которую последовательно записываем технологический маршрут обработки торца и все значения элементов припуска.

Суммарное значение R_z и T , характеризующие качество поверхности литых заготовок, составляет 700 мкм. ([21] стр. 182 табл. 6). После первого технологического перехода величина T исключается из расчетов, так как деталь изготовлена из чугуна, поэтому для чернового и чистового точения находим только значения R_z , соответственно 100 и 25 мкм. ([21] стр. 185 табл. 10), и записываем их в расчетную таблицу.

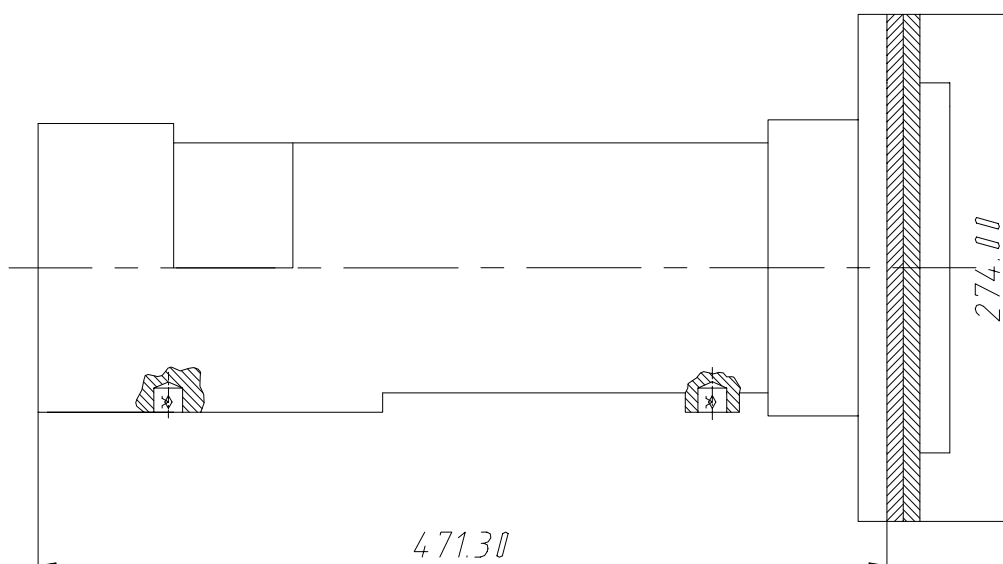


Рисунок 222

Суммарное значение пространственных отклонений для заготовки данного типа определяется по формуле [23]:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2},$$

где $\rho_{\text{кор}}$ - пространственное отклонение на коробление,

$\rho_{\text{см}}$ - пространственное отклонение на смещение.

Величину коробления торца следует учитывать в поперечном и продольном направлениях, поэтому

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(\Delta_k h)^2 + (\Delta_k b)^2},$$

где Δ_k - величина удельного коробления, для отливок ([23] стр. 72 табл.32);

b и h – ширина и высота торца.

$$\rho_{\text{кор}} = \sqrt{(0,7 \cdot 274)^2 + (0,7 \cdot 214)^2} = 243 \text{ мкм.}$$

Расчет припусков и предельных размеров Таблица 10

Переходы обработки торца 471,3 - 0,4	Элементы припуска, мкм				Расчетный припуск $Z_{\text{min}}^{\text{np}}$, мкм	Расчетный размер I_p , мм.	Допуск δ , мкм	Предельный размер, мм		Предельные значения припусков, мкм	
	Rz	T	ρ	ε				I_{min}	I_{max}	$Z_{\text{min}}^{\text{np}}$	$Z_{\text{max}}^{\text{np}}$
Заготовка	700	-	1581	-	-	473,565	3000	473,57	476,57	-	-
Черновое точение	100	-	79	195	2476	471,089	1550	471,09	472,64	2480	3930
Чистовое точение	25	-	-	10	189	470,900	400	470,90	471,30	190	1340
Итого										2670	5270

При определении $\rho_{\text{см}}$ в данном случае следует принимать во внимание точность расположения базовых поверхностей, используемых при данной схеме установки и полученных на предыдущих операциях относительно обрабатываемой в данной установки поверхности.

Учитывая, что суммарное смещение торца в отливке относительно базирующей поверхности представляет геометрическую сумму в двух взаимно перпендикулярных плоскостях, получаем

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2},$$

$$\rho_{\text{см}} = \sqrt{\left(\frac{2400}{2}\right)^2 + \left(\frac{2000}{2}\right)^2} = 1562 \text{ мкм},$$

где δ_1 и δ_2 – допуски на размеры 274/2 и 214/2 по классу точности, соответствующему данной отливке ([21] стр. 120 табл. 3).

$$\rho_3 = \sqrt{243^2 + 1562^2} = 1581 \text{ мкм}.$$

Величина остаточного пространственного отклонения после чернового растачивания

$$\rho_{\text{чер}} = 0,05\rho_3,$$

$$\rho_{\text{чер}} = 0,05 \cdot 1581 = 79 \text{ мкм}.$$

Погрешность установки при черновом растачивании

$$\varepsilon_{\text{чер}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2},$$

где ε_6 - погрешность базирования,

ε_3 - погрешность закрепления.

Погрешность базирования в данном случае возникает за счет перекоса заготовки в горизонтальной плоскости при установке ее на штыре приспособления. Перекос при этом происходит из-за наличия зазоров между наибольшим диаметром установочных отверстий и наименьшим диаметром штырей.

Наибольший зазор между отверстиями и штырями определяется как

$$S_{\text{max}} = \delta_a + \delta_b + s_{\text{min}},$$

где δ_a - допуск на отверстие: $\delta_a = 0,027$ мм,

δ_b - допуск на диаметр: $\delta_b = 0,018$ мм,

s_{min} – минимальный зазор между диаметрами штыря и отверстия: $s_{\text{min}} = 0,018$ мм.

Тогда наибольший угол поворота заготовки на штырях находим из отношения наибольшего зазора при повороте в одну сторону от среднего положения к расстоянию между базовыми отверстиями:

$$\text{tg } \alpha = \frac{0,027 + 0,018 + 0,018}{302} = 0,00020860$$

Погрешность базирования в этом случае составит

$$\varepsilon_6 = b \text{tg } \alpha,$$

где b – ширина торца.

$$\varepsilon_6 = 214 \cdot 0,0002086 = 0,045 \text{ мм} = 45 \text{ мкм.}$$

Погрешность закрепления заготовки ([23] стр. 82 табл. 40) ε_3 принимаем равной 190 мкм. Тогда погрешность установки при черновом растачивании

$$\varepsilon_{\text{чер}} = \sqrt{45^2 + 190^2} = 195 \text{ мкм.}$$

Остаточная погрешность установки при чистовом растачивании

$$\varepsilon_{\text{чис}} = 0,05\varepsilon_{\text{чер}} + \varepsilon_{\text{инд}},$$

$$\varepsilon_{\text{чис}} = 0,05 \cdot 195 = 10 \text{ мкм.}$$

Так как черновое и чистовое точение производится в один установ, то $\varepsilon_{\text{инд}} = 0$.

На основании записанных в таблице данных производим расчет минимальных значений межоперационных припусков, пользуясь формулой

$$z_{i \min} = Rz_{i-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i.$$

Точение черновое

$$z_{\min_{\text{чер}}} = 700 + 1581 + 195 = 2476 \text{ мкм.}$$

Точение чистовое

$$z_{\min_{\text{чис}}} = 100 + 79 + 10 = 189 \text{ мкм.}$$

Графа «Расчетный размер» (l_p) заполняется, начиная с конечного, в данном случае чертежного, размера последовательным прибавлением расчетного минимального припуска каждого технологического перехода. Таким образом, имея расчетный (чертежный) размер, после последнего перехода (в данном случае чистового точения 470,90) для остальных переходов получаем:

для чернового точения

$$l_{p_{\text{чер}}} = 470,90 + 0,189 = 471,089 \text{ мкм,}$$

для заготовки

$$l_3 = 471,089 + 2,476 = 473,565 \text{ мкм.}$$

Значения допусков каждого перехода принимаются по таблицам в соответствии с классом точности точения. Так, для чистового точения значение допуска составляет $\delta = 400$ мкм (чертежный размер); для чернового точения $\delta = 1550$ мкм; допуск на дину в отливке 2-го класса точности ([21] стр. 120 табл. 3) составляет $\delta = 3000$ мкм.

В графе «Предельный размер» наибольшее значение ($l_{\max}$) получается по расчетным размерам, округлением до точности допуска соответствующего перехода. Наименьшие предельные размеры ($l_{\min}$) определяется из наибольших предельных размеров вычитанием допусков соответствующих переходов. Таким образом, для чистового точения наибольший предельный размер – 471,3 мм, наименьший – 471,3-0,4=470,9 мм; для чернового точения

наибольший предельный размер – 472,64 мм, а наименьший – 472,64-1,55=471,09 мм; для заготовки наибольший предельный размер – 476,57 мм, наименьший 476,57-3=473,57 мм.

Минимальное предельное значение припусков $z_{\min}^{\text{пр}}$ равны разности наибольших предельных размеров предшествующего и выполняемого переходов, а максимальное значение $z_{\max}^{\text{пр}}$ - соответственно разности наименьших предельных размеров.

Тогда для чистового точения

$$z_{\min_{\text{чис}}}^{\text{пр}} = 471,09 - 470,9 = 0,19 \text{ мм},$$

$$z_{\max_{\text{чис}}}^{\text{пр}} = 472,64 - 471,3 = 1,34 \text{ мм},$$

для чернового точения

$$z_{\min_{\text{чер}}}^{\text{пр}} = 473,57 - 471,09 = 2,48 \text{ мм},$$

$$z_{\max_{\text{чер}}}^{\text{пр}} = 476,57 - 472,64 = 3,93 \text{ мм}.$$

Все результаты произведенных расчетов сведены в табл. 10

Общие припуски z_{Omin} и z_{Omax} определяем, суммируя промежуточные припуски, и записываем их значения внизу соответствующих граф:

$$z_{\text{Omin}} = 2480 + 190 = 2670 \text{ мкм},$$

$$z_{\text{Omax}} = 3930 + 1340 = 5270 \text{ мкм}.$$

Общий номинальный припуск

$$z_{\text{Оном}} = z_{\text{Omin}} + H_3 - H_д = 3100 + 1500 - 400 = 4200 \text{ мкм},$$

$$l_{\text{Зном}} = l_{\text{Дном}} + z_{\text{Оном}} = 471,3 + 4,2 = 475,5 \text{ мкм}.$$

Производим проверку правильности выполнения расчетов:

$$z_{\max_{\text{чис}}}^{\text{пр}} - z_{\min_{\text{чис}}}^{\text{пр}} = 1340 - 190 = 1150 \text{ мкм}; \delta_{\text{чер}} - \delta_{\text{чис}} = 1550 - 400 = 1150 \text{ мкм},$$

$$z_{\max_{\text{чер}}}^{\text{пр}} - z_{\min_{\text{чер}}}^{\text{пр}} = 3930 - 2480 = 1450 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_{\text{чис}} = 3000 - 1550 = 1450 \text{ мкм}.$$

4.5. Определение элементов режима резания

Операция 055, токарно-винторезная.

Материал заготовки СЧ 21 ГОСТ 1412-85.

Оборудование: станок 1А730

Инструмент: Резец токарный проходной упорный отогнутый с пластинами из твердого сплава ГОСТ 18879-73

1.Определение максимальной глубины резания t .

Из расчета припусков: $t_{\text{чер}}=3,93 \text{ мм}.$; $t_{\text{чис}}=1,34 \text{ мм}.$

2.Определение подачи s .

Подачу s выбираем по нормативам ([22] стр. 266...268 табл. 11, 13, 14) в зависимости от принятой глубины резания $s_1=1,1 \text{ мм/об}$, $s_2=0,12 \text{ мм/об}$.

3. Скорость резания V , допускаемая режущими свойствами инструмента, рассчитывается, исходя из выбранных глубины резания t , подачи s , и назначенной стойкости инструмента $T=60$ мин. по следующей формуле ([22] стр. 282):

$$V_T = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V, \text{ м/мин},$$

где C_V – коэффициент, зависящий от обрабатываемого материала, вида работ и толщины среза. $C_V=243$ ([22] стр. 269...270 табл. 17);

m, x, y – показатели степени при значениях стойкости инструмента T , глубины резания t и подачи s . $m=0,2$; $x=0,15$; $y=0,4$ ([22] стр. 269...270 табл. 17);

K_V – общий поправочный коэффициент на скорость резания, рассчитываемый как произведение нескольких поправочных коэффициентов, отражающих отличие фактического значения одного из условий резания от стандартизированного при экспериментальном определении табличного значения коэффициента C_V .

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ} \cdot K_{ФВ} \cdot K_{ОВ},$$

где K_{MV} – поправочный коэффициент на физико-механические свойства обрабатываемого материала.

$$K_{MV} = \left(\frac{190}{HB} \right)^{1,25} = \left(\frac{190}{190} \right)^{1,25} = 1 \text{ ([2] стр. 261...263 табл. 1)},$$

$K_{ПВ}$ – поправочный коэффициент на состояние поверхности заготовки. $K_{ПВ}=1$ ([22] стр. 263 табл. 5),

$K_{ИВ}$ – поправочный коэффициент на марку инструментального материала. $K_{ИВ}=0,83$ ([22] стр. 263 табл. 6),

$K_{ФВ}$ – поправочный коэффициент на величину главного угла в плане. $K_{ФВ}=0,7$ ([22] стр. 263 табл. 6),

$K_{ОВ}$ – поправочный коэффициент на вид обработки. $K_{ОВ}=1$.

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 0,83 \cdot 0,7 \cdot 1 = 0,581,$$

$$V_{T1} = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 3,93^{0,15} \cdot 1,1^{0,4}} \cdot 0,581 = 48,802 \text{ м/мин},$$

$$V_{T2} = \frac{243}{60^{0,2} \cdot 1,34^{0,15} \cdot 0,12^{0,4}} \cdot 0,581 = 139,128 \text{ м/мин}.$$

4. Определяем частоту вращения шпинделя n .

$$n_1 = \frac{1000 \cdot V_T}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 48,802}{\pi \cdot 200} = 77,67 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка 1А730 принимаем $n_{1СТ}=56 \text{ мин}^{-1}$

$$n_2 = \frac{1000 \cdot 139,128}{\pi \cdot 200} = 205,51 \text{ мин}^{-1}.$$

По паспорту станка 1А730 принимаем $n_{2СТ}=177 \text{ мин}^{-1}$

5. Фактическая скорость резания.

$$V_{\phi 1} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{1CT}}{1000} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 56}{1000} = 35,19 \text{ м/мин},$$

$$V_{\phi 2} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{2CT}}{1000} = \frac{\pi \cdot 200 \cdot 177}{1000} = 111,21 \text{ м/мин}.$$

6. Определяем силу резания.

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^x \cdot s^y \cdot V_{\phi}^n \cdot K_{PZ}, \text{ Н},$$

где C_{PZ} - коэффициент, характеризующий группу обрабатываемых материалов. $C_{PZ}=92$;
 x, y, n - показатели степени при глубине резания t , подаче s , скорости резания V_{ϕ} $x=1, y=0,75, n=0$ ([22] стр. 273...274 табл. 22);
 K_{PZ} - общий поправочный коэффициент, представляющий собой произведение поправочных коэффициентов на механические свойства обрабатываемого материала и на выбранные геометрические параметры резца:

$$K_{PZ} = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{MV},$$

выбираемых из [22] стр. 264...265 табл. 9, 10, 23; $K_{MP} = 1, K_{\phi P} = 0,89, K_{\lambda P} = 1, K_{MV} = 1$.

Умножение на 10 производится для перевода из кгс в Н.

$$P_{Z1} = 10 \cdot 92 \cdot 3,93^1 \cdot 1,1^{0,75} \cdot 35,19^0 = 3883,5 \text{ Н},$$

$$P_{Z2} = 10 \cdot 92 \cdot 1,34 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 111,21^0 = 251,4 \text{ Н}.$$

7. Мощность, потребляемая на резание.

$$N_{P1} = \frac{P_{Z1} \cdot V_{\phi 1}}{60 \cdot 1000} = \frac{3883,5 \cdot 35,19}{60 \cdot 1000} = 2,3 \text{ кВт},$$

$$N_{P2} = \frac{P_{Z2} \cdot V_{\phi 2}}{60 \cdot 1000} = \frac{251,4 \cdot 111,21}{60 \cdot 1000} = 0,5 \text{ кВт}.$$

8. Проверочный расчет по мощности на шпинделе состоит в сопоставлении расчетной мощности $N_{рез}$ с эффективной мощностью станка 1А730.

$$N_{\text{эф}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta = 12,5 \cdot 0,75 = 9,375 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{эф}}$$

$$2,3 \leq 9,375$$

Станок 1А730 удовлетворяет требованиям по мощности резания.

4.6. Расчет технологических норм времени

Штучное время определяется по формуле [26]:

$$t_{шт} = t_o + t_v + t_{об} + t_{доп.} \text{ мин.},$$

где t_o - основное время, которое рассчитывается:

$$t_o = \frac{l \cdot i}{n \cdot s} \text{ мин.},$$

где l – длина обрабатываемой части детали,

i – число установов,

$$t_{o1} = \frac{75 \cdot 1}{56 \cdot 1,1} = 1,22 \text{ мин.},$$

$$t_{o2} = \frac{75 \cdot 1}{177 \cdot 0,12} = 3,56 \text{ мин.}$$

Вспомогательное время t_v , принимается по нормативам. $t_{v1} = t_{v2} = 1,4$ мин [26].

Время на обслуживание $t_{об}$:

$$t_{об} = (t_o + t_v) \cdot 0,8,$$

$$t_{об1} = (1,22 + 1,4) \cdot 0,8 = 2,1 \text{ мин.},$$

$$t_{об2} = (3,56 + 1,4) \cdot 0,8 = 4 \text{ мин.}$$

Дополнительное время $t_{доп}$:

$$t_{доп} = (t_o + t_v) \cdot 0,6,$$

$$t_{доп1} = (1,22 + 1,4) \cdot 0,6 = 1,57 \text{ мин.},$$

$$t_{доп2} = (3,56 + 1,4) \cdot 0,6 = 3 \text{ мин.},$$

$$t_{шт1} = 1,22 + 1,4 + 2,1 + 1,57 = 6,29 \text{ мин.},$$

$$t_{шт2} = 3,56 + 1,4 + 4 + 3 = 11,96 \text{ мин.}$$

Ниже, представлены маршрутная и операционная карты обработки детали «Корпус подшипника 238АК.4200100», разработанные в системе “Автопроект”.

5. Охрана труда

5.1. Характеристика условий труда инженера-технолога

Главную опасность для пользователей персональных компьютеров представляет электромагнитное излучение монитора в диапазоне частот 20 Гц – 300 МГц и статический разряд на экране. В таблице 20 приведены возможные факторы неблагоприятного воздействия персонального компьютера, ответственные за появление некоторых симптомов.

Неблагоприятные факторы при работе на компьютере Таблица 11

Субъективные жалобы	Возможные причины
Резь в глазах	Визуальные эргономические параметры монитора, освещение на рабочем месте и в помещении
Головная боль	Аэроионный состав воздуха* в рабочей зоне, режим работы
Повышенная нервозность	Электромагнитное поле, цветовая гамма помещения, режим работы
Повышенная утомляемость	Электромагнитное поле
Воспаления и покраснение кожи	Электростатические поля, аэроионный и пылевой состав воздуха в рабочей зоне
Боли в пояснице	Неправильная посадка пользователя, вызванная устройством рабочего места, режим работы
Боль в запястьях и пальцах	Неправильная конфигурация рабочего места, в том числе высота стола не соответствует росту и высоте кресла; неудобная клавиатура; режим работы

* - требования к аэроионному составу воздуха в рабочей зоне приведены в таблице 12.

Концентрации аэроионов в воздухе помещений Таблица 12

Уровни	Концентрация легких аэроионов, 1/см ³	
	<i>n</i> +	<i>n</i> -
Минимально необходимый	400	600
Оптимальный	1500 – 3000	3000 – 5000
Максимально допустимый	50000	50000

5.2. Решения по оборудованию

Для улучшения условий труда и компенсации вредных факторов, при установке системы автоматизированного проектирования на промышленных предприятиях предполагается провести ряд мероприятий.

Визуальные эргономические параметры дисплеев ЭВМ являются параметрами безопасности - их неправильный выбор приводит к ухудшению здоровья пользователей. Дисплеи, заложенные в проект, имеют гигиенический сертификат, включающий, в том числе оценку визуальных параметров.

Конструкция применяемых дисплеев, их дизайн и совокупность эргономических параметров обеспечивают надежное и комфортное считывание отображаемой информации в условиях эксплуатации.

Конструкция дисплеев обеспечивает возможность фронтального наблюдения за отображаемой информацией при поворотах корпуса в горизонтальной плоскости вокруг вертикальной оси в пределах $\pm 30^\circ$ и регулирование угла наклона монитора в пределах 25° с фиксацией в заданном положении.

Корпус монитора, а также системный блок и клавиатура окрашена в спокойный мягкий цвет «слоновая кость» и имеет диффузное рассеивание света. Их поверхности не имеют блестящих деталей и не создают бликов, матовая поверхность имеет коэффициент отражения 0.5.

Монитор имеет возможность регулирования яркости, контраста в широких пределах. Помимо этого, имеется возможность регулирования положения изображения на экране и его фокусировка. Органы управления расположены на лицевой панели, закрытой крышкой.

Визуальные эргономические параметры дисплеев Таблица 13

Наименование параметра	Пределы значений параметров	
	Минимальное	Максимальное
Яркость знака (яркость фона), кд/м ²	40	115
Внешняя освещенность экрана, лк	125	230
Угловой размер знака, угл. мин.	25	45

Защита от электромагнитных и электростатических полей обеспечена конструкцией монитора, что подтверждается сертификатом ТСО. Мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0.05 м от экрана и корпуса дисплея при любых положениях регулировочных устройств не превышает 0.1 мбэр/ч (100 мкР/ч). Клавиатура имеет опорное приспособление, позволяющее изменять угол наклона поверхности клавиатуры в пределах от 5 до 15 градусов. Высота среднего ряда клавиш порядка 30 мм. Клавиатура выполнена в виде отдельного устройства с возможностью свободного перемещения.

В настоящее время ряд стран, включая США, разработали документы, регламентирующие правила пользования дисплеями. Наиболее известны Шведские документы MPR II 1990 (Шведский национальный комитет по защите от излучений) и более жесткий стандарт ТСО (Шведская конфедерация профессиональных служащих).

Требования норм MPR II в 20 более жесткие, нежели требования отечественных ГОСТов, ограничивающих уровень излучения радиочастот, требования ТСО 95 жестче в 50 раз.

Маркировка ТСО свидетельствует о соответствии стандартам, нормирующим такие важные параметры изображения, как яркость, мерцание, линейность, изменение размеров и т.д. Работы по разработке новых стандартов ведутся ТСО постоянно, и последним из них является ТСО'99.

Основные критерии стандарта ТСО'99 являются обобщением существующих стандартов Международной организации по стандартизации (ISO), стандартов Международной электротехнической комиссии (ИЕС) и других, включая визуальные и эргономические критерии и методы, разработанные при участии Института оптических исследований в Швеции.

В стандарте ТСО'99 основной акцент сделан на качество изображения – визуальную эргономику. Требования стандарта ориентированы на то, чтобы гарантировать четкость и легкость чтения черных символов на белом фоне.

Изображению, формируемому электронно-лучевой трубкой свойственно мерцание, особенно заметное при недостаточно высокой частоте регенерации. Было установлено, что оно вызывает усталость и повышенное напряжение глаз. ТСО'95 устанавливает минимальную частоту регенерации, равной 75 Гц, и при этом рекомендует использовать 80 Гц. ТСО'99 поднимает минимальную частоту до 85 Гц, что гарантирует отсутствие видимого изменения яркости в виде нежелательного мерцания.

Требования ТСО затрагивают и такие параметры, как чистота цвета и точность цветопередачи.

Еще один аспект, нашедший отражение в стандарте ТСО'99 – возможность управления изображением. Работа за дисплеем становится более эргономичной, когда пользователь может

регулировать параметры изображения. Необходимость в этом вызвана изменениями внешнего освещения, интерфейсом программ и утомлением глаз пользователя.

Все стандарты ТСО содержат требования к величине и характеру электромагнитного излучения, энергопотреблению, электрической безопасности и другим параметрам.

Кроме того, существует еще целый ряд стандартов, о соответствии которым заявляют производители дисплеев: германский Blue Angle, EPA Energy Star и Nutek.

Важным преимуществом дисплеев с плоским экраном является то, что от плоской поверхности отражается меньше бликов, а изображение имеет правильные геометрические формы.

Среди наиболее безопасных - необходимо выделить мониторы с маркировкой Low Radiation и самые безопасные – мониторы с установленной защитой по методу замкнутого металлического экрана. Последний вид защиты электрическое и электростатическое поле удастся понизить до фоновых значений уже на расстоянии 5-7 см от корпуса.

Немалое внимание уделяется и надежности электроснабжения оборудования, т.к. помехи в сетях могут приводить к последствиям, указанным в таблице 14.

Типичные помехи в электросетях и их вероятные последствия Таблица 14

Наименование	Краткая характеристика	Последствия
«Подсадка напряжения»	Понижение напряжения до величины меньшей 85 % от номинала	Сброс оперативной памяти, сбой в работе оборудования, потеря данных
Высоочастотный шум	Модуляция напряжения сети сигналами высокой частоты	Сбои, «зависание программ», отказы накопителей и сетевого оборудования
Высоковольтные выбросы	Амплитуда импульсов напряжения до тысячи вольт и длительностью до 10 мс	Сброс оперативной памяти, отказ блока питания и материнской платы
Отключение напряжения	Исчезновение напряжения	Потеря данных
«Выбег» частоты		Зависание программ, отказ накопителей, нестабильность работы блоков питания

5.3 Решения по помещениям

В помещении дисплейного класса будет однорядное расположение ЭВМ, расстояние до стен которых равно 1 м. Помещение имеет площадь, дающую 6 кв. м на одно рабочее место.

Помещение дисплейного класса имеет естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через светопроемы, ориентированные на север. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) составляет 1,25 %.

Площадь на одно рабочее место составляет 6 кв. м, его объем – 21 куб м. Помещение дисплейного класса расположено рядом с помещением для дежурного персонала и не граничит с помещениями, имеющими повышенный уровень шума и вибрации. Уровень шума не превышает 45 дБ. Звукоизоляция разделительных перегородок отвечает гигиеническим требованиям. Помещение оборудовано системой отопления и эффективной приточно-вытяжной вентиляцией. В помещении обеспечены оптимальные параметры микроклимата, приведенные в таблице 15.

Примечания: к категории 1а относятся работы, производимые сидя и не требующие физического напряжения, при которых расход энергии составляет до 120 ккал/ч; к категории 1б относятся работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением, при которых расход энергии составляет от 120 до 150 ккал/ч.

Оптимальные нормы микроклимата для помещений с персональными компьютерами Таблица 15

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С, не более	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	легкая – 1а	22 – 24	40 – 60	0,1
	легкая – 1б	21 – 23	40 – 60	0,1
Теплый	легкая – 1а	23 – 25	40 – 60	0,1
	легкая – 1б	22 – 24	40 – 60	0,2

Освещенность на поверхности рабочего стола составляет 400 лк. Неравномерность распределения яркости в поле зрения конструктора:

между рабочими поверхностями составляет 3,5:1; между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования – 10:1.

В качестве источников искусственного освещения применяются люминесцентные лампы типа ЛБ, обеспечивающие наиболее близкий диапазон излучения света к солнечному. Коэффициент пульсации не превышает 5%, что обеспечивается применением высокочастотных пускорегулирующих аппаратов в газоразрядных светильниках. Характеристики освещения в рабочих помещениях приведены в таблице 16.

Характеристики освещения в рабочих помещениях Таблица 16

Показатель:	Нормируемое значение
Коэффициент естественной освещенности (КЕО)	
• в зонах с устойчивым снежным покровом	НЕ НИЖЕ 1,2%
• на остальной территории	Не ниже 1,5%
Освещенность в зоне расположения рабочего документа для пользователей персональных компьютеров	300 – 500 лк
Наименьшая искусственная освещенность рабочих поверхностей в зоне обслуживания копировально-множительной техники	300 лк
Освещенность экрана монитора при местном освещении	Не более 300 лк
Яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения	не более 200 кд/ кв.м.
Яркость бликов на экране монитора	Не более 40 кд/кв.м
Яркость потолка, при применении системы отраженного освещения	Не более 200 кд/кв.м.
Показатель ослепленности для источников общего искусственного освещения в производственных помещениях, предназначенных для размещения рабочих мест пользователей персональных компьютеров	Не более 20
Показатель ослепленности на рабочих местах пользователей копировально-множительной техники	Не более 40
Показатель дискомфорта в административно-общественных помещениях	Не более 40
Яркость светильников общего освещения в зоне углов излучения от 50 до 90 градусов с вертикалью в продольной и поперечной плоскостях	Не более 200 кд/кв.м

Конструкция кресла конструктора обеспечивает поддержание рациональной рабочей позы, и позволять изменение позы с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Кресло является подъемно-поворотным и регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра независима, легко осуществляемая и имеет надежную фиксацию.

Параметры рабочего сиденья:

- Ширина и глубина поверхности сиденья 450 мм;
- Регулировка высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм;
- Углы наклона вперед до 15 ° и назад 5 °;
- Высота опорной поверхности спинки 300 мм, ее ширина 400 мм;
- Угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах 0... 30 °;
- Стационарные подлокотники длиной 250 мм и шириной 60 мм;
- Рабочее место имеет подставку для ног. Его ширина 350 мм, глубина 400 мм и регулировку по высоте в пределах 170 мм. Поверхность подставки рифленая и имеет по переднему краю бортик высотой 10 мм.

В помещении дисплейного класса ежедневно должна проводиться влажная уборка.

Дисплейный класс должен быть оснащен аптечкой первой помощи и углекислотным огнетушителем.

5.4 Организация рабочего места

Ввиду наличия вредных факторов при работе на ЭВМ, к ней допускаются конструкторы, прошедшие ежегодные медицинские освидетельствования на предмет пригодности для работы на ЭВМ.

Во время работы на персональном компьютере конструктору необходимо:

- Соблюдать оптимальное расстояние от монитора до глаз – 500-600 мм.
- Экран компьютера располагается под прямым углом по отношению к окнам;
- Нижний уровень экрана должен находиться на 20 см ниже уровня глаз;
- Уровень верхней кромки экрана должен быть на высоте лба;
- Высота клавиатуры отрегулирована так, чтобы кисть располагалась прямо;
- Положение тела должно соответствовать направлению взгляда;
- Угол между бедрами и позвоночником должен составлять 90 градусов;
- Конструкторы, имеющие нарушения зрения, должны пользоваться очками, подобранными окулистом с учетом рабочего расстояния от глаз до экрана;
- При появлении признаков усталости глаз должны выполняться соответствующие комплексы упражнений, снимающие напряжение зрения;
- При появлении первых признаков утомления мышц рук, шейно-плечевой области и спины необходимо изменить позу, а также выполнить соответствующие комплексы упражнений, снимающие статическое напряжение;
- Обязательно использовать технические перерывы длительностью 5 минут в конце каждого часа для проведения разминки.

Упражнения для снятия зрительного утомления:

Напряжение и расслабление мышц глаз

Закрывать глаза, сильно напрячь мышцы, затем раскрыть глаза, расслабив их мышцы. Посмотреть вдаль.

Фокусировка глаз

Несколько раз перевести взгляд с близко расположенных предметов на предметы, находящиеся на значительном расстоянии. Упражнение выполнять медленно.

Упражнение на ступенчатую фокусировку глаз

Отвлечь свое внимание от выполнения на близком расстоянии работы за компьютером и направить взгляд вдаль, поэтапно перемещать взгляд от близко расположенного предмета к

более удаленному, затем к предмету, расположенному еще дальше, и, наконец, к совсем далекому. При достижении взглядом дальнего предмета, необходимо задержать на нем свое внимание на несколько секунд, затем перемещать взгляд обратно в той же последовательности.

Перемещение взгляда

Сесть поудобнее в кресле, предельно расслабиться. Голова при выполнении упражнения остается неподвижной. Глубоко вздохнуть, посмотрев как можно выше вверх; затем вниз; затем вдаль. Глубоко вздохнув, посмотреть как можно дальше влево вверх. Медленно выдыхая, посмотреть как можно дальше вправо вниз. И еще раз вправо-вверх и влево-вниз. Затем посмотреть вдаль. Упражнение повторять 3-4 раза. По окончании несколько раз поморгать.

Вращение глазами

Вдохнув, делать круговые движения глазами по часовой стрелке. Медленно выдыхая, делать это движение против часовой стрелки. Посмотреть вдаль. Упражнение в каждом направлении повторить 3-4 раза.

Взгляд на кончик носа

Глубоко вздохнув, посмотреть на кончик носа, затем, медленно выдыхая, посмотреть на какой-либо предмет, расположенный вдали. Закрыть глаза. Повторить упражнение 3-4 раза.

Для выполнения упражнений необходимо делать перерывы в течение рабочего дня. Время регламентированных перерывов указано в таблице 17.

Время регламентированных перерывов в зависимости от продолжительности рабочей смены, вида и категории трудовой деятельности с применением персональных компьютеров Таблица 17

Категория работы с ПК	Уровень нагрузки за рабочую смену при видах работ с ПК			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	Группа А, количество знаков	группа Б, количество знаков	группа В, час.	При 8-ми часовой смене	при 12-ти часовой смене
I	до 20000	до 15000	до 2,0	30	70
II	до 40000	до 30000	до 4,0	50	90
III	до 60000	до 40000	до 6,0	70	120

Примечание: Время перерывов дано при соблюдении требований настоящих Правил. При несоответствии фактических условий труда требованиям настоящих правил, время регламентированных перерывов следует увеличить на 30%.

5.5. Основные мероприятия по электробезопасности, охране ОС, предупреждению аварий и пожаров в помещении и ликвидации последствий ЧС

1). Технические способы и средства, организационные и технические мероприятия по обеспечению электробезопасности при эксплуатации технических средств ИСЭ.

В вычислительных центрах, включая дисплейные классы, лаборатории вычислительных средств и автоматизированные рабочие места, размещены ЗВМ, ПЭВМ, дисплеи, графопостроители и вспомогательное электрооборудование (кондиционеры, вентиляторы, светильники и т.п.). Их снабжают электроэнергией через сеть напряжением 380/220 В. При таком напряжении возможно возникновение электротравм (в том числе и со смертельным исходом), если не будут соблюдаться регламентированные требования электробезопасности.

Под электробезопасностью понимают систему организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электродуги, электромагнитного поля и статического и атмосферного электричества.

Электробезопасность в помещениях ВЦ согласно ГОСТ 12.1.019-79* должна обеспечиваться:

1. конструкцией ЭУ;
2. техническими способами и средствами защиты человека от поражения электрическим током подразумевают следующие: защитные оболочки, защитные ограждения (временные и

стационарные), безопасное расположение токоведущих частей, изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная), изоляция РМ, малое напряжение, защитное отключение, предупредительная сигнализация, блокировка и знаки безопасности.

Для защиты от поражения электротоком при прикосновении к металлическим нетокковедущим частям, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции, рекомендуется применять следующие технические способы:

- защитное заземление;
- зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное отключение;
- изоляция токоведущих частей;
- электрическое разделение сети;
- малое напряжение;
- контроль изоляции и СНЗ.

К организационным и техническим мероприятиям по предупреждению поражения человека электротоком относятся: к работе в ЭУ допускают лиц не моложе 18 лет, прошедших медицинское освидетельствование, инструктаж и обучение безопасным методам труда, проверку знаний правил безопасности и инструкции в соответствии с занимаемой должностью применительно к выполняемой работе.

Организационными мероприятиями являются:

- назначение лиц, ответственных за организацию и безопасность проведения работ;
- осуществление доступа к проведению работ;
- организация надзора за проведением работ;
- оформление окончания работы, перерывов, переводов на другие рабочие места, отдыха.

Все выбросы, сбросы, отходы и другие последствия хозяйственной и иной деятельности человека (в том числе и его быта) в конечном счете, сказываются на ОС.

В производственных условиях защита от пылевых и токсичных выбросов обеспечивается, прежде всего, уменьшением массы выбросов, их локализацией и удалением из воздуха помещений, а также методами очистки воздуха. При защите ОС и ее компонентов от загрязняющих веществ (ЗВ) используются: уменьшение массы выбросов, различные методы очистки выбросов, защита расстоянием и рассеиванием.

Помимо материальных ЗВ (пыли, токсичных веществ, твердых инертных отходов) большой группой загрязнений ОС являются энергетические воздействия. К ним относятся акустические факторы (акустический шум, ультразвук и инфразвук), вибрации и производственные излучения (инфракрасная радиация – тепловое загрязнение, электромагнитные поля и излучения, ионизирующая радиация).

Методы и средства защиты от шума разделяются на архитектурно-планировочные, технические, акустические и организационно-технические.

Из архитектурно-планировочных решений выделяют следующие мероприятия: рациональное размещение производственных зданий относительно источника шума, применение зеленых насаждений, посевов травы.

К техническим методам защиты от шума относится выбор производственного оборудования с лучшими шумовыми характеристиками.

Акустические методы защиты от шума включают звукоизоляцию, звукопоглощение и глушение шума.

К организационно-техническим способам борьбы с шумом относятся своевременная смазка машин и оборудования, ремонты, запрет на проведение шумных работ в ночное время и т.п.

Методы защиты от ультразвука применяют такие же, как и от указанного шума. Единственной спецификой является применение: резиновых перчаток, резиновых ковров и виброизолирующих покрытий при контактом действии.

Защита от вибраций осуществляется виброгашением, виброизоляцией и вибродемпфированием.

Радикальным методом защиты от теплового загрязнения вод является система оборотного водоснабжения.

Защитные мероприятия от электромагнитного поля: уменьшение излучений в источнике (экранирование, уменьшение напряженности и плотности потока энергии электромагнитного поля), зонирование территории и установление норм облучения при защите ОС.

Обязательной защитной мерой от ионизирующей радиации является строгое соблюдение требований ОСП-72/87 по сбору, удалению и обезвреживанию твердых и жидких отходов.

2). Мероприятия по предупреждению аварий и пожаров в помещении и ликвидация последствий ЧС.

Развитие аварийной или опасной ситуации в подавляющем большинстве носит вероятностный характер. Для эффективной профилактики аварий и несчастных случаев необходимы: выявление или идентификация опасностей, их количественная оценка, достоверное прогнозирование возникновения опасных ситуаций и обоснованный выбор мероприятий по предупреждению аварий и катастроф.

Масштабы аварий и катастроф требуют, во-первых, повышения надежности и безопасности на всей цепочке «проектирование - изготовление - эксплуатация». Общий подход к обеспечению безопасности при разработке технических объектов может быть представлен в виде «проект - удаление - защита - предостережение - тренировка». При обнаружении возможных опасностей проектировщик обязан устранить или резко уменьшить вероятность их реализации. При невозможности полного обеспечения БЖД необходимо обеспечить удаление человека из опасной зоны (дистанционное управление, применение роботов) или опасных факторов из рабочей зоны (токсических веществ, излучений и т.д.). При невозможности решения проблемы указанными способами необходима разработка соответствующих систем защиты и сигнализации об опасности (предостережение). Последним элементом обеспечения БЖД являются обучение и тренировка работника, овладение навыками безопасной работы. Во-вторых, необходимо совершенствовать специфические для каждой опасности мероприятия и средства по снижению вероятности ее реализации и уменьшению наносимого ущерба.

Горючим компонентом в помещениях ВЦ могут быть строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, рамы, двери, полы, мебель, изоляция кабелей и обмоток электродвигателей, конструктивные элементы из пластмасс, жидкости для очистки элементов и узлов ЭВМ от загрязнения. Источником возгорания в ВЦ могут быть электрические искры, дуги, не изолируемые участки элементов и конструкций ЭВМ.

Пожары возникают из-за причин неэлектрического и электрического характера. К причинам неэлектрического характера (около 75% всех пожаров) относят:

1. неосторожное и халатное обращение с огнем (бросание горящих окурков или спичек, оставление без присмотра электронагревательных приборов и т.п.);
2. неправильное устройство или неисправность отопления;
3. неисправность оборудования и нарушение режима производственного процесса;
4. неправильное устройство и неисправность систем вентиляции и КВ;
5. самовоспламенение и самовозгорание отдельных веществ;
6. взрывы пыли, газов, паров.

С целью устранения этих причин предусматривают мероприятия организационного, эксплуатационного, технического и режимного характера. К организационным мероприятиям относят: обучение работающих противопожарным правилам; проведение бесед, инструктажей и т.п.; и эксплуатационным мероприятиям - правильную эксплуатацию техники и оборудования, правильное содержание зданий и территорий; к технологическим мероприятиям - соблюдение противопожарных правил при устройстве отопления, вентиляции и КВ; к режимным мероприятиям - запрещение курения в не установленных местах, производства сварочных работ в пожароопасных помещениях и т.п.

К причинам электрического характера (25% всех пожаров) относят КЗ, перегрузки, большие переходные сопротивления, искрение и электрические дуги, статическое электричество. К мерам предупреждения КЗ и перегрузок относят применение плавких предохранителей и специальных автоматов, включенных в цепь последовательно, а также правильный монтаж сетей, машин, аппаратов в соответствии с требованиями ПУЭ. Кроме того, следует правильно

выбирать провода (рассчитывать их сечения) ЭУ, осуществлять профилактические осмотры, ремонты и испытания их.

В помещениях ВЦ пожары происходят по причинам электрического характера, а также из-за токов утечки, перегретых сопротивлений, неисправной эксплуатации паяльников, электроплит и т.д.

Развитию и распространению пожаров в ВЦ способствуют:

1. конвективная связь между отдельными его помещениями (системы принудительной вентиляции и КВ);
2. пустоты между звукопоглощающими и строительными конструкциями;
3. прохождение кабельных потоков через несколько помещений.

Здания ВЦ должны быть оснащены системами автоматической пожарной защиты (АПЗ), состоящими из автоматической системы ЭПС и УГАП. Они быстро обнаруживают очаг возгорания (пожара); автоматически отключают электропитание ЭВМ и систем КВ, локализируют и тушат пожар.

Обследование и проверку соблюдения противопожарного режима проводит Госпожнадзор и пожарно-техническая комиссия предприятия. Эта комиссия проводит не реже 2-4 раз в год пожарно-технические обследования всех объектов предприятия в присутствии ответственных лиц за МБ по данному объекту и намечает пути и способы устранения выявленных недостатков.

При возникновении ЧС решается комплекс специальных задач по ликвидации их последствий, важнейшей из которых является проведение спасательных и неотложных аварийно-восстановительных работ (СНАВР).

СНАВР выполняются в определенной последовательности и в максимально короткие сроки. На 1 этапе решают вопросы по экстренной защите людей, предотвращению развития или уменьшению воздействий ЧС и подготовке к развертыванию (выполнению) спасательных и неотложных работ. На 2 этапе выполняются АСР, а также работы, начатые на 1 этапе. На 3 этапе решаются вопросы по обеспечению жизнедеятельности населения в районах, пострадавших в результате ЧС. Одновременно начинают работы по восстановлению функционирования объектов экономики.

Исходя из конкретных условий ЧС, поступившей информации о ее характере, масштабах и развитии последствий, определяют конкретный перечень, объем выбранных мер и способов борьбы со стихией и защиты людей, последовательность их проведения, привлечения необходимых сил и средств. СНАВР должны выполняться непрерывно днем и ночью, в любую погоду, в условиях разрушения, пожаров, заражения атмосферы и местности, затопления территории и воздействия других неблагоприятных условий до полного завершения всех работ.

В РФ к АСР относят поисково-спасательные, горноспасательные, газоспасательные и противофонтанные работы, а также работы, связанные с тушением пожаров, ликвидацией медико-санитарных последствий ЧС. Руководство этими и другими работами по ликвидации ЧС осуществляют руководители, назначенные органами государственной власти, органами самоуправления или руководителями предприятий, к полномочиям которых отнесена ликвидация данной ЧС. Решение руководителя ликвидации ЧС является обязательным для всех граждан и предприятий, находящихся в зоне данной ЧС. Никто не вправе вмешиваться в его деятельность. В случае крайней необходимости он самостоятельно принимает решения. При этом он незамедлительно информирует соответствующие органы власти и руководство предприятий о принятых им решениях.

Успех проведения СНАВР, а также ремонтно-восстановительных работ после ЧС зависит от заблаговременности подготовки к ним. Началом подготовки служит разработка плана проведения этих работ. Он разрабатывается непосредственно на объекте экономики с учетом конкретных его условий.

Хранить планы СНАВР рекомендуется в надежном месте вне предполагаемого очага ЧС. Традиционно очень подробные, всесторонне обоснованные планы ликвидации аварий есть на предприятиях нефтеперерабатывающей, химической и горнодобывающих отраслей промышленности. Реальность плана СНАВР проверяется на комплексных и командно-штабных учениях по ЧС.

6. Экономика

6.1. Общие положения

Экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{\text{эф}} = \mathcal{E} - E_n * K$$

где $\mathcal{E}$ – годовая экономия от внедрения системы автоматизированного проектирования, руб.;
 E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности;
 K – капитальные затраты на создание и внедрение САПР, руб.

Экономия:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}' + \mathcal{E}'' + \mathcal{E}'''$$

где $\mathcal{E}$ – годовая экономия от внедрения САПР, руб.;
 $\mathcal{E}'$ – экономия от снижения себестоимости проектирования (конструирования) детали, руб.;
 $\mathcal{E}''$ – экономия от снижения себестоимости оформления технологической документации, руб.;
 $\mathcal{E}'''$ – экономия от снижения расходов на разработку управляющих программ для станков с ЧПУ, руб.;

Срок окупаемости:

$$T = K / \mathcal{E}$$

где T – срок окупаемости затрат, лет.

Срок окупаемости затрат представляет собой показатель, характеризующий период времени, в течение которого затраты на внедрение САПР возмещаются за счет годовой экономии.

Коэффициент эффективности

Расчетный коэффициент экономической эффективности сопоставляется с нормативным значением E_n для данной отрасли и в случае, когда $E_p > E_n$, САПР считается эффективной.

$$E_p = \mathcal{E} / K$$

где E_p – расчетный коэффициент эффективности затрат на внедрение САПР.

6.2. Исходные данные

Исходные данные к курсовому проекту сведены в таблице 18.

№ п/п	Обозн.	Наименование показателя	Значение
1.	Q	Годовая программа проектирования деталей, шт.	1
2.	З _{зп}	Заработная плата ИТР, руб/час.	24.3
3.	З _д	Дополнительная заработная плата, %	15
4.	З _п	Премия из ФЗП, %	40
5.		Единый социальный налог, %	35.6
7.	T _п	Полезный годовой фонд времени работы ЭВМ, час	1850
8.		Площадь, занимаемая рабочим местом, м ²	6.5
9.	T ₁	Фактические затраты времени по проектированию до внедрения САПР, час	39
10.	T ₂	Фактические затраты времени по проектированию после внедрения САПР, час	19
11.	M ₁	Фактические затраты времени на оформление документации до внедрения САПР, час	48
12.	M ₂	Фактические затраты времени на оформление документации после внедрения САПР, час	15
13.	B ₁	Фактические затраты времени на разработку управляющей программы для станка с ЧПУ до внедрения САПР, час	7
14.	B ₂	Фактические затраты времени на разработку управляющей программы для станка с ЧПУ после внедрения САПР, час	2

6.3.Расчет затрат

Капитальные затраты на внедрение САПР носят единовременный характер и включает в себя:

- стоимость технических средств (ЭВМ и периферия);
- стоимость программного обеспечения;
- стоимость установки, монтажа, наладки и пуска оборудования;
- стоимость ремонта и реконструкции помещений;
- стоимость расходов на обучение.

Значения капитальных затрат приведены в таблице 19.

Стоимость капитальных вложений. Таблица 19

Наименование	Количество	Стоимость за ед., руб.	Общая стоимость, руб.
Аппаратное обеспечение ($C_{тс}$)			
Компьютер Seleron - 1800 MHz, RAM 256 Mb, HDD 40 GB, SVGA 21"	1	25000	25000
Плоттер Hewlett Packard формата A1	1	14500	14500
Программное обеспечение ($C_{по}$)			
Windows 98		1500	1500
Прикладное программное обеспечение "Cimatron"	1	128000	128000
Обучение			3000
Итого затрат (C_a):			172000

Остальные составляющие капитальных вложений рассчитываем по укрупненным нормативам, приведенным в таблице 20.

Нормативы капитальных вложений. Таблица 20

Статьи расходов	в % от стоимости технических средств
Стоимость технических средств ($C_{тс}$)	100
Установка, монтаж и наладка оборудования (C_m)	5
Ремонт и реконструкция помещений ($N_{рем}$)	500 руб/м ²

Стоимость установки, монтажа и наладки оборудования:

$$C_m = 172000 * 5/100 = 8600 \text{ руб.};$$

Стоимость ремонта и реконструкции помещения для ЭВМ:

$$C_p = S * N_{рем} = 6.5 * 500 = 3250 \text{ руб.}$$

Общая сумма капитальных вложений составит:

$$C' = C_a + C_m + C_p = 172000 + 8600 + 3250 = 183850 \text{ руб.}$$

Поскольку приобретённые технические средства САПР будут использоваться для решения целого комплекса задач, то затраты на решение конкретной задачи оцениваются

пропорционально коэффициенту загрузки технических средств (K_3) решением этих конкретных задач.

$$K_3 = T_k / T_{\text{п}},$$

где T_k – время работы устройства за год, затрачиваемое на решение конкретной задачи, час;

$$T_k = T_2 + M_2 + B_2 = 19 + 15 + 2 = 36$$

$T_{\text{п}}$ – полезный годовой фонд времени работы устройства, час.

$$K_3 = 36 / 1850 = 0.02$$

Тогда стоимость затрат на деталь представляет собой:

$$C = C' * K_3 = 183850 * 0.02 = 3677 \text{ руб.}$$

6.4. Расчет составляющих экономической эффективности

1). Экономия от снижения себестоимости проектирования детали.

Основным источником снижения себестоимости выпускаемой продукции в результате внедрения САПР является экономия от снижения себестоимости проектирования, которая определяется по формуле:

$$\Delta = \Sigma (C_1 - C_2) * Q,$$

где C_1 – себестоимость проектирования объекта при существующем способе проектирования (базовый вариант), руб.;

C_2 – себестоимость проектирования объекта при автоматизированном проектировании (проектный вариант), руб.;

Q – годовой объем проектирования объекта, шт.;

m – количество объектов проектирования.

Расчет себестоимости проектирования производится по формуле:

$$C_j = \Sigma T * C_{\text{ч}},$$

где T – фактические затраты времени на проектирование объекта, час;

$C_{\text{ч}}$ – себестоимость часа работы по проектированию объекта с учетом затрат по техническому обеспечению САПР, руб.;

n – количество проектируемых объектов.

Стоимость одного машино-часа работы технического обеспечения определяется по формуле:

$$C_{\text{мч}} = Z_{\text{эк}} / T_{\text{пол}},$$

где $T_{\text{пол}}$ – годовой фонд полезной работы технического обеспечения системы, определяемый из выражения:

$$T_{\text{пол}} = \Phi * (T_{\text{ном}} - T_{\text{проф}}) = 251 * (8 - 1.2) = 1707 \text{ час},$$

где $\Phi = 251$ – количество рабочих дней в году;

$T_{\text{ном}}$ – номинальное количество часов ежесуточной работы технического обеспечения;

$T_{\text{проф}}$ – годовые затраты времени на профилактические и ремонтные работы (15% от T);

З – затраты на обеспечение функционирования технического обеспечения, которые определяются как годовые текущие расходы и включают в себя затраты, приведенные в таблице 21.

Затраты на обеспечение функционирования технического обеспечения в месяц. Таблица 21

Статьи затрат	Обозначение	Затраты
Заработная плата производственного персонала обслуживающего САПР:	$Z_{зп}$	
- основная	$Z_{ос}$	24,3 руб.
- дополнительная	$Z_{д}$	15% от $Z_{ос}$
- премия из ФЗП	$Z_{п}$	40% от $Z_{ос}$
Отчисления по единому социальному налогу	$Z_{соц}$	35,6
Амортизационные отчисления на основные фонды	$Z_{а}$	20 %
Стоимость ремонта и обслуживания	$Z_{р}$	5 %
Стоимость электроэнергии за 1кВт-ч, руб.	$Z_{э}$	1,156
Стоимость содержания помещений	$Z_{пом}$	30 руб./м ²

Производим расчет по каждой статье затрат.

Определяем ОЗД и ДЗП:

База и проект, руб./час:

$$Z_{д} = 24,3 \times 0.15 = 3,65 \text{ руб./час}$$

$$Z_{п} = 24,3 \times 0.4 = 9,72 \text{ руб./час}$$

$$Z_{зп} = 24,3 + 3,65 + 9,72 = 37,67 \text{ руб./час}$$

Отчисления по единому социальному налогу (база и проект, руб./час):

$$Z_{соц} = 37,67 \times 0,356 = 13,41 \text{ руб./час}$$

Суммарные затраты на отчисления по заработной плате отнесенные к одной разработке определяются по формуле:

$$Z_{зп\Sigma} = (Z_{зп} + Z_{соц}) \times \Sigma T_i,$$

где ΣT_i – время затрачиваемое на задачу проектирования, час.

База

$$Z_{зп\Sigma \text{ база}} = (37,67 + 13,41) \times (39 + 48 + 7) = 4801,5 \text{ руб.}$$

Проект

$$Z_{зп\Sigma \text{ проект}} = (37,67 + 13,1) \times (19 + 15 + 2) = 1838,88 \text{ руб.}$$

Исходя из величины суммарных затрат по заработной плате определим себестоимость часа работы до внедрения САПР (база), руб.:

$$C_{ч} = Z_{зп\Sigma \text{ база}} / \Sigma T_i = 4801,5 / 94 = 51 \text{ руб.}$$

Затраты на амортизационные отчисления:

$$Z_{а} = 3677 \times 0.2 = 735,4 \text{ руб.}$$

Затраты на ремонт и обслуживание:

$$З_p = 3677 * 0.05 = 183,85 \text{ руб.}$$

Затраты на электроэнергию

$$З_э = 1,156 * 36 * 0.5 = 20,81 \text{ руб. (потребляемая мощность 0.5 кВт)}$$

Затраты на содержание помещений

$$З_{\text{пом}} = 6.5 * 30 = 195 \text{ руб.}$$

Итого:

$$З_{\text{эк}} = 3677 + 1838,88 + 735,4 + 183,85 + 20,81 + 195 = 6650,94 \text{ руб.}$$

Тогда стоимость одного машино-часа работы технического обеспечения составит:

$$C_{\text{мч}} = З_{\text{эк}} / T_{\text{пол}} = 6650,94 / 1707 = 3,91 \text{ руб.}$$

Определяем себестоимость проектирования:

$$C_2 = T_2 * (C_{\text{ч}} + C_{\text{мч}}) = 19 * (51 + 3.91) = 1043,29 \text{ руб.}$$

$$C_1 = T_1 * C_{\text{ч}} = 39 * 51 = 1989 \text{ руб.}$$

Тогда экономия от снижения себестоимости проектирования:

$$\mathcal{E}' = (1989 - 1043,29) * 1 = 945.71 \text{ руб.}$$

2). Экономия от снижения себестоимости оформления технологической документации.

Определяем себестоимость оформления чертежей и технологической документации.

Расчет производим по формуле:

$$\mathcal{E}'' = (D_1 - D_2) * Q,$$

где D_1 – себестоимость оформления чертежей при существующем способе проектирования (базовый вариант), руб.;

D_2 – себестоимость оформления чертежей при существующем способе проектирования (проектный вариант), руб.;

Q – годовой объем проектирования объекта, шт.

$$D_j = \sum M_i * C_{\text{ч}},$$

где M_1 – фактические затраты времени на оформление документации до внедрения САПР, час;

M_2 – фактические затраты времени на оформление документации после внедрения САПР, час.

$$D_1 = M_1 * C_{\text{ч}} = 48 * 51 = 2400 \text{ руб.}$$

$$D_2 = M_2 * (C_{\text{ч}} + C_{\text{мч}}) = 15 * (51 + 3.91) = 823,65 \text{ руб.}$$

Тогда экономия от снижения себестоимости оформления технологической документации:

$$\mathcal{E}'' = (2400 - 823,65) * 1 = 1576,35 \text{ руб.}$$

3). Экономия от снижения расходов на разработку управляющих программ с ЧПУ.

Управляющая программа для станка с ЧПУ ранее разрабатывалась вручную программистом наладчиком станков с ЧПУ. Теперь ее получает оператор ЭВМ и потребности в данном специалисте нет.

Расчет экономии производим по формуле:

$$\Delta'' = (H_1 - H_2) * Q,$$

где H_1 – себестоимость разработки программы при существующем способе проектирования (базовый вариант), руб.;

H_2 – себестоимость разработки программы при существующем способе проектирования (проектный вариант), руб.

$$H_j = \sum B_i * C_{ч},$$

где B_1 – фактические затраты времени на разработку управляющей программы для станка с ЧПУ до внедрения САПР, час;

B_2 – фактические затраты времени на разработку управляющей программы для станка с ЧПУ после внедрения САПР, час.

$$H_1 = B_1 * C_{ч} = 7 * 51 = 357 \text{ руб.}$$

$$H_2 = B_2 * (C_{ч} + C_{мч}) = 2 * (51 + 3.91) = 109,82 \text{ руб.}$$

Тогда экономия от снижения расходов на разработку управляющих программ для станков составит:

$$\Delta'' = (357 - 109,82) * 1 = 247,18 \text{ руб.}$$

4). Годовая экономия

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' = 945,71 + 1576,35 + 247,18 = 2769,24 \text{ руб.}$$

6.5. Годовой экономический эффект

$$\Delta_{эф} = \Delta - E_n * K = 2769,24 - 0,15 * 3677 = 2217,69 \text{ руб.}$$

6.6. Эффективность затрат

Срок окупаемости затрат:

$$T = K / \Delta_{эф} = 3677 / 2217,69 = 1,66 \text{ года}$$

Расчетный коэффициент экономической эффективности:

$$E_p = \Delta_{эф} / K = 2217,69 / 3677 = 0,6$$

Основные показатели экономической эффективности внедрения САПР Cimatron представлены в таблице 22.

Основные показатели экономической эффективности САПР. Таблица 22.

Наименование показателя, размерность	Значение
Стоимость аппаратного обеспечения, руб.	39500
Стоимость программного обеспечения, руб.	132500
Экономия времени из расчета на одну деталь: - при проектировании детали, час - на оформления технологической документации, час - на разработку управляющих программ для станка с ЧПУ, час	20 33 5
Годовая экономия от внедрения САПР, руб.	2769,24
в том числе:	
- экономия от снижения себестоимости оформления технологической документации, руб.	823,65
- экономия от снижения расходов на разработку управляющих программ для станка с ЧПУ, руб.	247,18
- экономия от снижения себестоимости проектирования детали, руб.	945,71
Годовой экономический эффект, руб.	2217,69
Расчетный коэффициент экономической эффективности	0,6
Срок окупаемости затрат, лет	1,66

Заключение.

Экономическая эффективность от внедрения САПР составляет 2217,69 рублей. Получение такого эффекта возможно в основном за счёт сокращения времени ТПП. Капитальные вложения для решения представленной задачи равны 3677 рубля. Срок окупаемости капитальных вложений оценивается в 1,66 года.

7. Выводы и заключение

1. Изучена методика работы в CAD/CAM Cimatron по проектированию моделей детали, сборки, разработки управляющих программ для ЧПУ.
2. Спроектирована 3D модель детали “Корпус подшипника 238АК.4200100” с ЯМЗ.
3. Созданы 3D модели деталей, образующих приспособление для сверлильной обработки.
4. Выполнена экранная сборка приспособления из деталей УСП.
5. Созданы заготовки и траектории перемещения при фрезеровании, сверлении.
6. Разработаны инструменты: фреза и сверло.
7. Получены управляющие программы для фрезерования, сверления.
8. Разработана технологическая оснастка в виде токарного резца со сменными пластинами.
9. Спроектирована технология мехобработки.
10. Рассмотрена охрана труда.
11. Рассчитана экономическая часть

Таким образом, выполнен полный комплекс ТПП в современной CAD/CAM Cimatron для ЯМЗ, где проектирование ведется вручную.

Список использованной литературы

1. Калачев О. Н. Компьютерно-интегрированное машиностроение и CAD/CAM Cimatron // “Информационные технологии”. Изд-во «Машиностроение». - М.: - 1998. - № 10. С. 43-47, 49.
2. Калачев О. Н. Особенности создания в CAD/CAM Cimatron параметрических моделей технологической оснастки // “Информационные технологии”. Изд-во «Машиностроение». - М.: - 2000. - № 6. С. 14-18.
3. Калачев О.Н. Применение CAD/CAM Cimatron для проектирования моделей сборочных единиц: Учебное пособие / Яросл. гос. техн. ун-т. - Ярославль, 2001. - 48 с.
4. Калачев О. Н. Моделирование в CAD/CAM Cimatron мехобработки на станке с ЧПУ. Электронное пособие. [Http://www.sapr2000.ru/pressa.htm](http://www.sapr2000.ru/pressa.htm).
5. Металлорежущие станки: Учебник для машиностроительных вузов/Под ред. В. Э. Пуша – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с.
6. Универсальные сборочные приспособления: Атлас/ Под ред. Г. М. Хазанова и А. А. Левиня – М.: Машиностроение, 1967.
7. Кузнецов В. С., Пономарев В. А. “Универсальные сборочные приспособления в машиностроении”: Атлас чертежей – 3-е изд., переработанное и дополненное – М.: Машиностроение, 1971.
8. Feld M. Projektowanie i automatyzacja procesow technologicznych czesci maszyn. Warszawa: WNT. 1994.
9. Bielski S., Koch T., Chlebus E. Methodical design using DFA method / Zeszyty naukowe Politechniki Slaskiej Nr 1237. Seria Mechanika. Zeszyt 117. Gliwice. 1994.
10. Bielski S., Koch T., Chrapek K. Early cost estimation with aid of design for manufacture and assembly methodology / Proceeding of the International Conference on Computer Integrated Manufacturing CIM'96. Zakopane: 14-17.05.1996. Vol. II.
11. Korzen Z. Metodologia projektowania DFMA — skuteczne narzedzie logistyczne zorientowanej inzynierii wspolzada — niowej // Logistyka. 1995. № 2.
12. Zywezak J. Metodologia DFMA // CAD/CAM Forum. 6,8/1997.
13. Boothroyd G., Dewhurst P. Product Design for Assembly. Wakefield RI, BDI. 1993.
14. Popow A. Modelowanie kosztow w procesach projektowania wspolbieznego maszyn. Praca doktorska. Politechnika Poznanska. 1999.
15. Molloy E., Yang H., Browne J. Design for Assembly within Concurrent Engineering//Annals of the CIRP. 1991. Vol. 40 (1).
16. Yoshimura M., Hitomi K. Application of Group Technology to Design Optimization of Machine Structural Systems. Transactions of the ASME // Journal of Mechanisms, Transmissions and Automation in Design. 1986. Vol. 108. № 1. March. P. 3—9.
17. Boothroyd G., Ailing L. Design for Assembly and Disassembly // Annals of the CIRP. 1992. Vol. 41 (2).
18. King M. Total vehicle development with DFM // Mechanical Engineering. 1996. № 5.
19. Singh N. Computer Integrated Design and Manufacturing. New York: Wiley. 1996.
20. Sohlcnus G. Concurrent Engineering // Annals of the CIRP. 1992. Vol. 41 (2).
21. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.1/Под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., переработанное и дополненное – М.: Машиностроение, 1985. 656с.
22. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Т.2/Под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова – 4-е изд., переработанное и дополненное – М.: Машиностроение, 1986. 496с.
23. Курсовое проектирование по технологии машиностроения/Под общей редакцией А. Ф. Горбачевича – 3-е изд. переработанное и дополненное – Минск, «Вышэйш. школа», 1975. 288с.
24. Методические указания к выполнению организационно-экономической части дипломных проектов для студентов специальности 12.01 и 03.01.07 / Сост.: М. В. Терин, В. Д. Попов.—Ярославль: Изд-во Яросл. политехн. ин-та, 1992.—32 с.
25. Экономика предприятия: Учебник / Под ред. проф. О.И. Волкова. – М.:ИНФРА, 1997.

26. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Крупносерийное и массовое производство. – М.: НИИтруда, 1982. – 136 с.