

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет: Энергетический

Кафедра: Автоматизации производственных процессов и электротехники

Направление подготовки: 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов и производств

Направленность (профиль) программы: Автоматизация технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

А.А. Остапенко

«_____» _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка прототипа фрезерного станка с ЧПУ

Исполнитель

студент группы 341-зсб

подпись, дата

Д.А. Еленская

Руководитель

старший преподаватель

кафедры АППиЭ

подпись, дата

В.Л. Русинов

Нормоконтроль

профессор, д-р.техн. наук

подпись, дата

О.В. Скрипко

Благовещенск 2017

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУВО «АмГУ»)

РЕЦЕНЗИЯ НА БАКАЛАВРСКУЮ РАБОТУ (ПРОЕКТ)

1. Студента Еленской Дарьи Андреевны _____

Курс 3 группа 341-Зсб специальность 15.03.04 _____

Факультет Энергетический _____

2. Тема: Разработка прототипа фрезерного станка с ЧПУ

Дата сдачи «10» февраля 2017 года.

3. Рецензент (руководитель) старший преподаватель кафедры АППиЭ

Русинов В.Л. _____

(учебное звание, Ф.И.О.)

Содержание рецензии

Допущен (а) к защите «____» _____ 201 г. _____

Защита планируется «____» _____ 201 г. _____

(время)

Бакалаврская работа (проект) защищена «____» _____ с оценкой _____

Комиссия:

1. _____ (подпись) _____ (должность) _____ (Ф.И.О.)

2. _____ (подпись) _____ (должность) _____ (Ф.И.О.)

3. _____ (подпись) _____ (должность) _____ (Ф.И.О.)

“ _____ ” _____

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)

Факультет: Энергетический

Кафедра: Автоматизация технологических процессов и производств

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

_____ А.А. Остапенко

«_____» _____ 2016 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента: Еленской Дарьи Андреевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка прототипа фрезерного станка с ЧПУ

2. Срок сдачи студентом законченного проекта: 10 февраля 2017 г.

3. Исходные данные к курсовой работе: 1) ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств; 2) Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

1) Общее описание систем CAD, CAM, CNC;

2) Подробное описание систем проектирования электронной модели, Технологической подготовки производства, а также числового программного управления;

3) Разработка прототипа детали;

4) Разработка управляющей программы;

5) Используемые системы для сквозного проектирования электронной модели выбранной детали;

6) Жизненный цикл изделия.

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Системы CAD, CAM, CNC;

Лист 2: Общий вид;

Лист 3: Этапы эмуляции трехмерного моделирования;

Лист 4: 3-Д моделирование;

Лист 5: Составление управляющей программы для станка с ЧПУ;

Лист 6: Имитация и визуализация управляющей программы для станка с ЧПУ.

5. Дата выдачи задания 15 сентября 2017 г.

6. Руководитель выпускной квалификационной работы: Русинов В.Л., старший преподаватель кафедры АППиЭ

7. Задание принял к исполнению (дата) _____

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 82 страницы, 5 формул, 42 рисунка, 1 таблицу, 1 графическую часть, 32 источника.

АВТОМАТИЗАЦИЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ, САМ-СИСТЕМЫ, САД-СИСТЕМЫ, CNC-СИСТЕМЫ, ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИЗДЕЛИЯ, ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ, ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК С ЧПУ, КОМПЬЮТЕРНОЕ ЧИСЛОВОЕ УПРАВЛЕНИЕ, СКВОЗНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕТАЛИ, 2D-МОДЕЛЬ, 3D-МОДЕЛЬ

Основой выпускной квалификационной работы является современный подход к автоматизации проектирования и проведению инженерных расчетов, базирующийся на применении компьютерных систем конструкторской проектировки и инженерного анализа. Такой подход позволяет сократить временные затраты по конструированию деталей и узлов станка, а так же отказаться от лабораторных испытаний, требующих больших материальных и временных затрат.

Целью данной выпускной квалификационной работы является автоматизация технологических процессов и производств в электроэнергетике, а именно: применение сквозного проектирования при изготовлении детали на прототипе фрезерного станка с ЧПУ. В качестве объекта исследования выбраны программы: КОМПАС, ArtCAM и NCStudio. Предметом исследования является деревянный клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода силового трансформатора.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	9
1 Общее описание систем CAD, CAM, CNC	14
2 Подробное описание систем проектирования электронной модели, Технологической подготовки производства, а также компьютерно-числового управления	26
2.1 CAD/CAMсистемы, разработка модели в программе «Компас-3D»	26
2.2 Компьютерное числовое управление, описание программы	30
2.3 Основные определения и формулы	32
2.4 Описание рекомендаций по фрезерованию	34
3 Разработка прототипа детали	36
3.1 Моделирование и технологическая подготовка изготовления детали	36
3.2 Производство изоляционных деталей из слоистых пластиков, дерева, пресс-порошков и других материалов	38
3.3 Эмуляция изготовления детали	40
4 Используемые системы для сквозного проектирования электронной модели выбранной детали	53
5 Составление управляющей программы для станка с ЧПУ	59
5.1 Управляющая программа черновой обработки	62
5.2 Управляющая программа чистовой обработки	65
5.3 Управляющая программа обрезки по контуру	67
6 Жизненный цикл изделия	71
6.1 Этапы жизненного цикла	71
6.2 Автоматизация управления этапами жизненного цикла	73
6.2.1 Системы автоматизированной логистики	74
6.3 Эксплуатация станков с ЧПУ	77
Заключение	78
Библиографический список	80

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей выпускной квалификационной работе использованы ссылки на следующие стандарты и нормативные документы:

ГОСТ 2.102-2013 Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов;

ГОСТ 2.103-68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки;

ГОСТ 2.104-2006 Единая система конструкторской документации. Основные надписи;

ГОСТ 2.105-95 Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам;

ГОСТ 2.106-96 Единая система конструкторской документации. Текстовые документы;

ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам;

ГОСТ 2.111-68 Единая система конструкторской документации. Нормоконтроль;

ГОСТ 2.121-73 Единая система конструкторской документации. Технологический контроль конструкторской документации;

ГОСТ 2.201-80 Единая система конструкторской документации. Обозначение изделий и конструкторских документов;

ГОСТ 2.301-68 Единая система конструкторской документации. Форматы;

ГОСТ 2.321-84 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенные;

ГОСТ 2.701-2008 Единая система конструкторской документации. Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению;

ГОСТ 3.1116-79 Единая система технологической документации. Нормо-

контроль;

ГОСТ 2.702-2011 Единая система конструкторской документации. Правила выполнения электрических схем;

ГОСТ 2.709-89 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные проводов и контактных соединения электрических элементов, оборудования и участков цепей в электрических схемах;

ГОСТ 2.710-81 Единая система конструкторской документации. Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах;

ГОСТ 2.721-74 Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения;

ГОСТ 19.701-90 Единая система конструкторской документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем;

ГОСТ 21.404-85 Система проектной документации. Обозначения условные приборов и средств автоматизации в схемах;

ГОСТ 34.602-89 Единая система конструкторской документации. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

В выпускной квалификационной работе применены следующие обозначения и сокращения:

ГЗ ЧПУ – геометрическая задача ЧПУ;

ЕСКД – единая система конструкторской документации;

ИИС – интегрированная информационная система;

ИЭТР – интерактивное электронное техническое руководство;

ЖЦИ – жизненный цикл изделия;

КТПП – конструкторско-технологическая подготовка производства;

РОС – рабочий орган станка;

САПР – система автоматизированного проектирования;

ЧПУ – числовое программное управление;

ПК – промышленный компьютер;

УП – управляющая программа.

ВВЕДЕНИЕ

Широко используемым на сегодняшний день средством обработки различных поверхностей на протяжении долгого времени остаются фрезерные станки. Оборудование такого вида позволяет работать не только с разнообразными материалами, но также и с металлами. Фрезерные станки встречаются как на малых, так и на крупных предприятиях самых разных отраслей промышленности. Не представляется возможным описать работу большинства компаний, если из их технического оснащения убрать фрезерный станок.

Фрезерный и токарно-фрезерный станок остаются одними из наиболее важных видов технического обеспечения на многих предприятиях. Обычно различают по типу управления. Автоматизированные станки и станки с ЧПУ (числовым программным управлением) являются самыми современными, станки с ручным управлением также используются на производстве, хотя считаются менее предпочтительными.

Ведущим элементом во фрезерных станках является фреза, с помощью неё и происходит непосредственно процесс резанья материала. Фреза закрепляется на шпиндель, в то время как движение подачи задается заготовкой, прикрепленной к специальному столу. Подающая часть станков оборудована ЧПУ системой. Данный вид техники преимущественно актуален и востребован непосредственно на производстве.

Фрезерный станок относится к группе металлорежущего оборудования, которое предназначено для обработки разного рода корпусных деталей. Он дает возможность выполнить множество операций. Основными из них являются: фрезерование, сверление, нарезание резьбы, расточка и так далее. Режущим элементом является фреза (метчик, сверло), которая крепится в шпинделе станка. Само управляющее воздействие может осуществляться вручную, при помощи системы ЧПУ или автоматизировано.

Самым важным узлом станка является рабочий стол, который представ-

ляет собой горизонтальную плоскость, предназначенную для размещения и базирувания обрабатываемой заготовки. Вакуумный насос, входящий в состав вакуумного стола для фрезерного станка помогает четко позиционировать деталь.

Обычный стол фрезерного станка оборудован продольными пазами, предназначенными для крепления, как самой заготовки, так и специального оборудования. Существенным недостатком является то, что при механическом креплении болтами с достаточным усилием затяжки может возникнуть деформация или повреждение поверхности заготовки. Использование вакуумного насоса для фрезерного станка дает возможность избежать такого рода затруднений. Принцип действия самой системы в таком случае основан на понижении давления в зазоре между плоскостью стола и деталью.

Перед тем, как приступить непосредственно к процессу резания на станке, необходимо для начала произвести наладку, правильный подвод и отвод инструмента относительно обрабатываемой поверхности, саму настройку станка и его управление, закрепление и снятие инструмента и детали, настройку приборов автоматического контроля размера и так далее. Учитывая сложность и трудоемкость настройки станка вручную, автоматический фрезерный станок обладает заметным преимуществом, поскольку все операции подготовки к работе выполняются автоматически, а также с соблюдением четкой последовательности.

Учитывая характер выполняемых работ и применяемого режущего инструмента станки можно разделить на группы и типы.

Основополагающим требованием к станкам с числовым программным управлением ставится обеспечение необходимо высокой точности и скорости отработки перемещений, наряду с этим, станкам с ЧПУ необходимо сохранить эту точность в заданных пределах при длительной эксплуатации. Конструкция станков с ЧПУ должна обеспечивать совмещение обработок различного вида, автоматизацию загрузки и выгрузки деталей, дистанционное или автоматиче-

ское управление сменой инструмента, возможность встройки в общую автоматическую систему управления. Жесткость станка и точность изготовления обуславливают высокую точность обработки. Для того, чтобы повысить статическую и динамическую жесткость станков с ЧПУ в их конструкциях обычно используют короткие кинематические цепи. Автономные приводы применяют для всех исполнительных органов. Число механических передач таких приводов должно быть минимальным, также они должны иметь высокое быстродействие.

Устранение зазоров в передаточных механизмах приводов, повышение устойчивости к вибрации, уменьшение потерь на трение в направляющих и механизмах, снижения тепловых деформаций – все это повышает точность станков с ЧПУ.

Виды фрезерного оборудования подразделяются в зависимости от конструктивных особенностей:

Агрегатно-фрезерный станок предназначен для обработки поверхностей балочного проёма под фрикционную планку и боковых рам грузовых вагонов. Конструкция включает станину, на которой параллельно расположены две агрегатные головки со шпинделями. Гидропривод обеспечивает плавное регулирование рабочей подачи.

При условии единичного или серийного производства, когда необходимо выполнить высокоточную обработку заготовок при помощи быстрорежущего инструмента, используется *инструментальный универсальный фрезерный станок*. Стоит отметить, что совмещая точность обработки и широкие технологические возможности, станок прост в эксплуатации. Наличие вертикальной и горизонтальной рабочей поверхности позволяет выполнять разноплановые фрезерные работы, что во много раз повышает эффективность.

Карусельно-фрезерный станок оснащен круглым столом, использование которого в процессе обработки по круговой подаче обуславливает возможность медленного вращения. На столе по кругу устанавливается несколько зажимных устройств, для базирования деталей определенного вида.

Мини гравировально-фрезерный станок используется при мелкосерийном производстве печатных плат, ювелирных изделий, предметов интерьера и так далее. В качестве шпинделя установлен двигатель постоянного тока мощностью 230 Вт, который является практически бесшумным.

На сегодняшний день фрезерные работы – один из ведущих видов механической обработки деталей. Приобрести универсальный фрезерный станок, значит во много раз увеличить эффективность всего предприятия за счет выполнения большого комплекса актуальных задач.

Вследствие технического прогресса, оборудование, используемое на производстве, а также на предприятиях различного рода, постоянно модернизируется. Этот процесс не обходит стороной и фрезерные станки. Выбирая новое оборудование для предприятия необходимо принять во внимание все его потребности и по возможности приобрести наиболее современную технику. Фрезерные станки, которые находятся в активной эксплуатации, должны отвечать поставленным требованиям и быть незамедлительно заменены при моральном или физическом износе. Это позволит избежать травматичности на предприятии и значительно повысить эффективность производства.

Основополагающим этапом технологии информационной поддержки изделия является создание полной электронной модели изделия, как совокупности твердотельных моделей деталей и сборочных единиц в системах автоматизированного проектирования в САД-средах.

Определение системы проектирования, наилучшим образом и в кратчайшие сроки решающей задачи отдельно взятого предприятия – это сложная задача, как для небольших компаний, так и для крупных корпораций. Как правило, предприятия малого и среднего бизнеса не располагают необходимыми людскими и финансовыми ресурсами, гарантирующими тщательный анализ предполагаемых к внедрению систем, которыми обладают крупные предприятия, что серьезно усугубляет ситуацию. Процесс выбора всех компонент САПР – САД, САМ, САЕ, PDM и так далее – в основном характеризуется не-

высоким уровнем аргументации, недостаточной глубиной анализа стратегических аспектов, слабым пониманием среды разработки изделия и предложений, направленных на ее улучшение, весьма приблизительной оценкой коэффициента отдачи инвестиций и других важных критериев.

Целью данной выпускной квалификационной работы является автоматизация технологических процессов и производств в электроэнергетике, а именно: разработка прототипа фрезерного станка с ЧПУ.

В качестве объекта исследования выбраны технологии для выполнения программной части разработки.

В качестве предмета исследования выбрана деталь «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода».

Для решения поставленной цели выпускной квалификационной работы необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ систем CAD CAM CNC;
- выбор и анализ работы системы проектирования;
- моделирование и технологическая подготовка изготовления детали;
- разработка консультационных услуг;
- разработка рекомендаций по улучшению работы систем;
- формирование технических требований по модернизации систем.

1 ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМ CAD, CAM, CNC

САПР (CAD System-ComputerAidedDesignSystem) – это система, выполняющая проектирование, большинство или все проектные решения которого получают путем вычисления и составления математических моделей на ЭВМ[16, с.111].

В общей сложности это автоматизированная система, создающая информационную технологию выполнения функций проектирования, в своем виде она представляет организационно-техническую систему, предназначенную для того, чтобы автоматизировать непосредственно процесс проектирования. Такая система включает в себя людские ресурсы (персонал), а также комплекс программных, технических и иных средств автоматизации деятельности проектирования[14, с. 95].

Рассматривая жизненный цикл промышленных изделий, САПР решает задачи автоматизации работ на стадиях проектирования и подготовки производства.

Основопологающей целью создания САПР является повышение эффективности труда операторов, включая:

- 1) существенное снижение трудоёмкости и энергозатратности проектирования и планирования;
- 2) максимально сжатие поставленных сроков проектирования;
- 3) сведение к возможному минимуму себестоимости проектирования и изготовления, снижениепотраченных ресурсов на эксплуатацию;
- 4) работу над повышением качества и технико-экономических результатов проектирования;
- 5) экономию затрат на натурное моделирование и испытания.

Все вышеперечисленные цели обычно возможно достичь следующими способами:

- 1) оформление всей сопутствующей документации должно быть автоматизировано;
- 2) необходимо наличие информационной поддержки, а процесс принятия решений – автоматизирован;
- 3) внедрение технологий параллельного проектирования существенно сокращает сроки выполнения поставленных задач, что ведет за собой экономию ресурсов;
- 4) процессы проектирования и сами проектные решения должны быть унифицированными;
- 5) унификация позволяет повторно использовать проектные решения, данные и наработки, что существенно сокращает сроки проектирования;
- 6) необходима разработка и внедрение стратегического проектирования;
- 7) математическим моделированием необходимо заменить натурные испытания и макетирование, что позволит существенно сократить затратность;
- 8) стоит добиться повышения качества управления проектированием;
- 9) немаловажную роль играет использование методов вариантного проектирования и оптимизации[19].

Совокупность технических знаний специалистов выступает в роли входной информации для использования САПР. Операторы находятся в активном взаимодействии с системой – ими вводятся проектные требования, уточняются результаты проектной деятельности, проверяется полученная конструкция, вносятся текущие коррективы и так далее[25, с. 59].

Сама система автоматизированного проектирования включает в себя целый комплекс прикладных программ, обеспечивающих черчение, проектирование, создание трехмерных моделей конструкций, плоских или объемных деталей.

На сегодняшний день целый ряд современных САД-систем входят разделы моделирования трехмерной объемной детали(конструкции) и оформления чертежей и текущей текстовой конструкторской документации (спецификаций,

ведомостей).

В условиях современного развития промышленности выделяют три ведущие подгруппы САПР:

- архитектурно-строительные САПР (CAD/AEC - Architectural, Engineering, and Construction);
- машиностроительные САПР (MCAD - Mechanical Computer Aided Design);
- САПР печатных плат (ECAD - Electronic CAD/EDA - Electronic Design Automation)[20, с. 86].

С уверенностью можно выделить центральную роль 3D – модели изделия (рисунок 1.1).

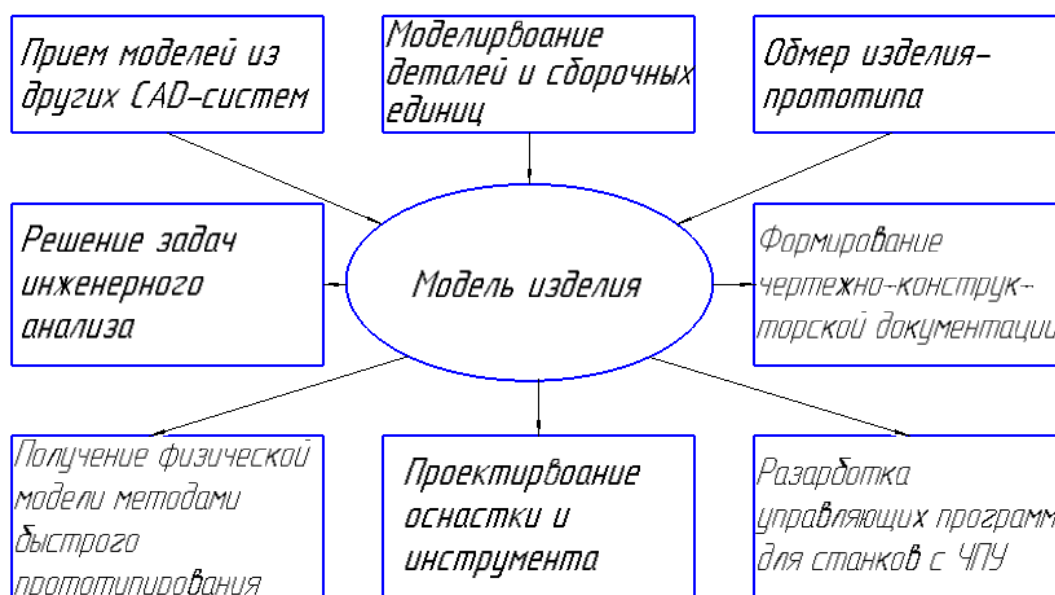


Рисунок 1.1 – Центральная роль 3D – модели изделия

Первостепенным фактором, обусловившим в середине 20-го века острую необходимость в автоматизации проектных работ, стал низкий уровень эффективности деятельности инженеров в сфере анализа и обработки информации – в сравнении с производительностью труда рабочего персонала в материальном производстве[30, с. 410].

Вследствие возникновения данной проблемы начали производиться по-

пытки перевода трудовых ресурсов из производственной сферы в информационно-инженерную. Учитывая определенную экстенсивность данного метода, в это же время начались разработки, по рационализации и автоматизации проектных работ. Активная разработка новых технологий в данном направлении началась задолго до того, как появился непосредственно термин САПР, что в полной мере говорило о возможности компьютеризации в этой сфере.

Создание и введение в работу языка программирования Фортран стало важной ступенью развития автоматизированного проектирования. А в 1955-1959 годах в Технологическом институте Массачусетса введена в действие система программирования АРТ, что в дальнейшем послужило толчком к формированию понятия САПР. На этапе создания данный термин рассматривался лишь как простое использование ЭВМ для решения задач проектирования [11, с. 210].

Сразу после окончания Второй мировой войны научно-исследовательские организации военно-промышленного комплекса США приложили немало усилий для создания первых САПР для активного их использования в аппаратно-программном комплексе обеспечивающим управление силами и средствами континентальной противовоздушной обороны. Уже в 1947 г. была введена в эксплуатацию первая система [15].

Что касается отечественных разработок, то первая советская система автоматизированного проектирования была разработана в конце 1980-х гг. рабочей группой Челябинского политехнического института, под руководством профессора Кошина А.А.

Введение компьютерно-ориентированного подхода к проектированию и производству делает необходимым использование специального аппаратного и программного обеспечения. Ключевым направлением является интерактивное управление формой, что и обуславливает тот факт, что аппаратное и программное обеспечение для интерактивного манипулирования формами относится к ряду ведущих компонентов, составляющих системы CAD/CAM/CAE. Графические устройства и периферийные устройства ввода-вывода в совокупности с

обычным вычислительным модулем представляют собой аппаратное обеспечение систем CAD/CAM/CAE[16, с. 195].

Компоненты системы CAD/CAM/CAE представлены на рисунке 1.2.

Решающими программными компонентами являются пакеты, манипулирующие формами или анализирующие их под управлением оператора в двух или в трех измерениях, вместе с этим постоянно обновляя базу данных. В последующих разделах эти аппаратные и программные компоненты рассматриваются подробно.

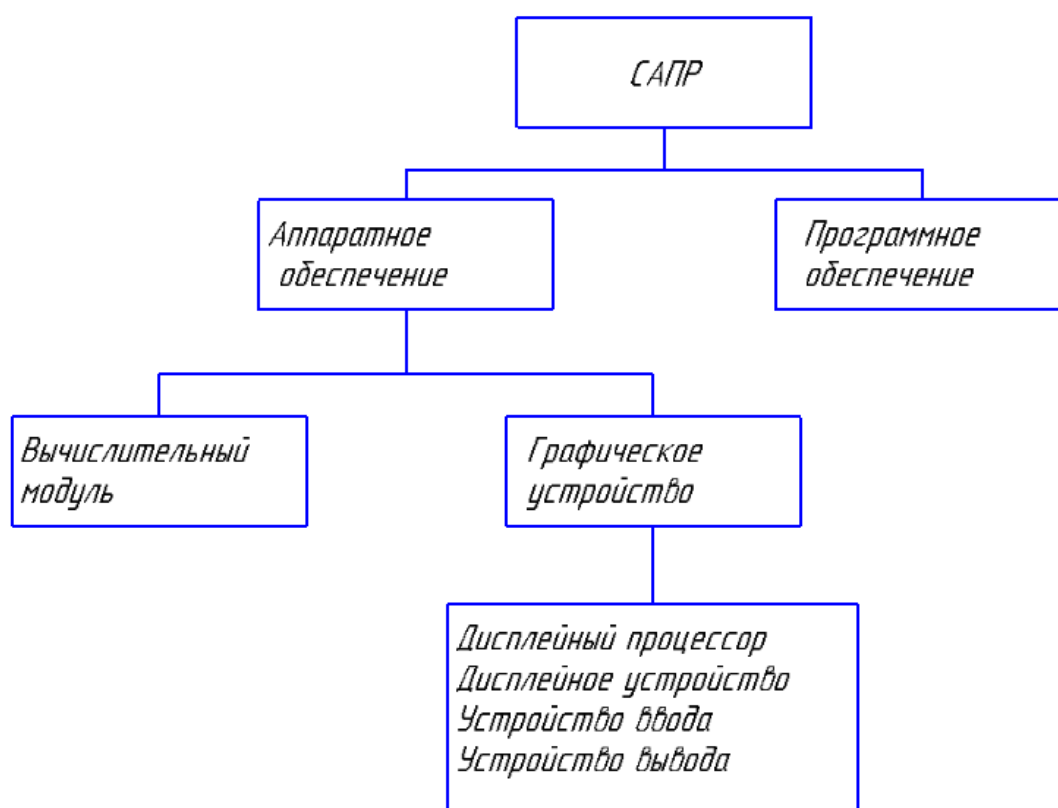


Рисунок 1.2 – Компоненты системы CAD/CAM/CAE

Современные условия на технологическом рынке определяют многофункциональность решений, высокую производительность, быструю и легкую адаптацию к специфике отдельно взятого проекта, а также разноплановым и удобным инструментарием.

CAM-системы (computer-aided manufacturing – компьютерная поддержка изготовления) ставят на автоматический уровень расчеты траекторий переме-

щения инструмента для обработки на станках с ЧПУ, а также обеспечивают выдачу управляющих программ с помощью компьютера.

Это автоматизированная система, либо раздел автоматизированной системы, предназначенный для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ, ориентированная на использование ЭВМ. Под этим понятием принимаются как сам непосредственный процесс компьютеризированной подготовки производства, так и обширные программно-вычислительные комплексы, используемые инженерами-технологами.

CAM-система считается основным инструментом для автоматического создания управляющих программ на основе геометрической информации, созданной в CAD-системе. Главные достоинства, в работе оператора при взаимодействии с системой, заключаются в удобстве выбора геометрии, наглядности работы, хорошей скорости расчетов, возможности проверки и редактирования созданных траекторий[8, с. 200].

Разнообразные CAM-системы могут быть отличными друг от друга областью применения и возможностями. Таким образом, существуют системы для токарной, фрезерной, электроэрозионной обработки, деревообработки и гравировки. Даже несмотря на то, что большинство современных CAD/CAM-систем умеют создавать управляющую программу для различного типа производства, такое подразделение по областям применения остается актуальным. Если предприятию нужна фрезерная обработка, то оно соответственно приобретает модуль фрезерования. Если же нужна только токарная обработка, то достаточно приобрести токарный модуль этой же системы. Модульность построения CAM-систем является частью маркетинговой политики разработчиков и позволяет предприятию-пользователю экономить значительные средства и ресурсы для приобретения только необходимых конструкторско-технологических возможностей[8, с. 115].

Уровень модуля обуславливает возможности, которыми он обладает. Естественно, что для разработки алгоритмов 5-координатной обработки требуют-

ся большие инвестиции (как финансовые, так и человеческие), чем для разработки алгоритмов 3-координатной обработки. Таким образом, и стоимость модулей будет различаться. Если предприятие не располагает оборудованием для 5-координатной обработки, то и отпадает необходимость приобретать самый дорогостоящий модуль.

В общей сложности, модули системы отличаются своим уровнем возможностей. Обычно для фрезерной обработки разработчики вводят следующие уровни:

- 2,5-осевая обработка.

Система на этом уровне позволяет рассчитывать траектории для простого двухкоординатного фрезерования и обработки отверстий;

- трехосевая обработка с позиционированием 4-ой оси.

На этом уровне становится возможным работать с 3D-моделями. Система способна генерировать управляющую программу для объемной обработки;

- многоосевая обработка.

В данном случае система предназначена для работы с самым современным оборудованием и способна создавать УП для 5-осевого фрезерования самых сложных деталей.

Достоинство работы 3D – моделями в отличие от работы только с чертежами 2D:

- Мысленные «образы чертежей» заменяются «образами моделей», что развивает пространственное мышление и способствует более быстрому принятию производственных решений.

- Возможность создания сложных геометрических форм, которые в свою очередь могут с легкостью быть реализованы «в металле» при помощи интегрированных технологий, это во много раз повышает интерес к работе и стимулирует творческое начало инженера.

- Унификация алгоритма действия, использование ранее созданных

при проектировании моделей схожего изделия (изделия-аналога), оператор имеет возможность сократить общее время работы над проектом в десятки раз.

Основным же преимуществом является резкое уменьшение числа ошибок в проекте:

1) Непосредственно еще на этапе процесса проектирования конструктору доступна полная информация о результате.

2) Возможность проверки собираемости и выявления ошибок на уровне моделей становится доступным при проектировании сборочных единиц.

3) Ситуация, при которой информация в одном виде не соответствует другому, полностью исключается путем формирования вида чертежа на основании модели в автоматическом режиме.

Система числового управления (NC software) дает возможность изготавливать деталь с помощью станков с ЧПУ. Включает программы контроля и программы управления роботами, используемые, непосредственно на этапах проверки и сборки.

В условиях современной промышленности металлорежущие станки оснащаются системами управления типа CNC. Отличительной чертой систем класса CNC на базе мини-ЭВМ является возможность в период ее эксплуатации (а не только проектирования и изготовления) изменять и корректировать управляющую программу, как обработки детали, так и функционирования самой системы с целью максимального учета особенностей отдельно взятого станка. Ее основу составляют микро-ЭВМ, запрограммированная на выполнение функции ЧПУ; блоки связи с координатными приводами, выдачи технологических команд в требуемой логической последовательности; системные органы управления и индикации, а также каналы обмена данными с центральной ЭВМ высшего уровня. Существует целый комплекс подпрограмм, обеспечивающих реализацию каждой из выполняемых функций. Все подпрограммы объединяются общей координирующей программой – диспетчером, осуществляющей гибкое взаимодействие всех блоков системы.

Блок-схема такой системы управления показана на рисунке 1.3

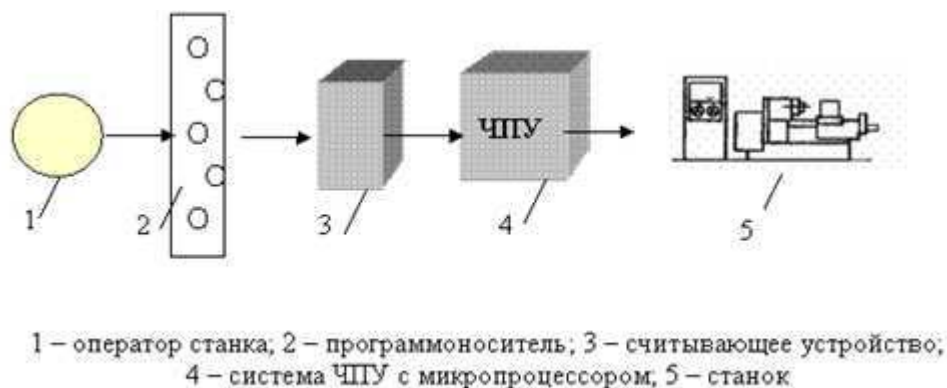


Рисунок 1.3 – Блок схема системы ЧПУ класса CNC.

Для осуществления ЧПУ необходим целый комплекс специализированных устройств, методов и средств, которые в своей совокупности представляют систему ЧПУ станком.

Системы ЧПУ характеризуются программированием цикла, режимов обработки и путей перемещения рабочих органов станка (РОС).

При этом вся необходимая информация представляется не в виде кулачков, копиров или упоров, а в виде последовательности букв и чисел, к примеру, в закодированном виде (в алфавитно-цифровой коде) на программноноситель.

ЧПУ обладает следующими преимуществами:

- Гибкость.
- Возможность обработки различного рода сложных деталей.
- Обработка крупных изделий.
- Сокращение стоимости инструментальной и крепежной оснастки.
- Качество.

Системы ЧПУ классифицируются по различным признакам. В общей сложности наиболее широкое распространение получило их деление по:

- виду движения исполнительных механизмов станка, определяемого геометрической информацией в программе;

- степени совершенства и функциональным возможностям;
- числу потоков информации.

Наряду с этим, системы ЧПУ можно разделить по степени совершенства и функциональным возможностям.

По данному признаку выделяют четыре класса систем ЧПУ.

1. Системы ЧПУ NC – класса (NumericalControl). Эти системы осуществляют ЧПУ обработкой на станках по программе, заданной в алфавитно-цифровом коде. Системы ЧПУ NC характеризуются аппаратурной реализацией алгоритмов, их работа основывается на так называемой «жесткой логике». Данные системы ЧПУ NC – класса предназначены для управления ограниченным классом технологического оборудования и рассчитаны на работу с оператором.

Хранение управляющей программы на перфоленте и ее ввод частями (кадрами) потребовало использования фотосчитывающего устройства в фазе изготовления детали, что снизило надежность работы. Отсутствие связи с ЭВМ верхнего уровня делает невозможным их встраивание в систему управления ГПС.

2. Системы ЧПУ SNC – класса (SpeicherNumerical Control). Наличие оперативной памяти для хранения всей управляющей программы является их ведущим отличием. Системы ЧПУ SNC – класса в большинстве своем получены в результате дооснащения существующих систем SNC – класса блоками оперативной памяти на микросхемах. Функциональные возможности систем SNC – класса, как и NC – класса, определяются заложенными в них схемотехническими решениями. В случае возникновения необходимости в расширении или изменении набора функций, выполняемых системой ЧПУ, разработчикам приходилось изменять электрическую схему системы. В связи с чем, встал вопрос об использовании в составе системы ЧПУ ЭВМ, где функции системы в значительной степени переносятся на программный уровень и определяются соответствующим программным обеспечением. Это стало возможным в связи с тем,

что реализация ЭВМ на интегральных микросхемах снизила их стоимость и габаритные размеры, повысила надежность и сделала приемлемым их использование непосредственно на объекте управления.

3. Системы ЧПУ CNC – класса (ComputerNumericalControl). Системы ЧПУ CNC – класса построены на базе микро-ЭВМ и микропроцессоров и являются представителями третьего поколения. Системы CNC – класса обеспечивают унификацию средств управления, то есть являются многоцелевыми. Они наиболее перспективны для использования в целях управления технологическим оборудованием.

Системы CNC – класса имеют ряд разновидностей, характерные черты которых отражаются в их названиях:

1) системы VNC – класса (VoigeNumericalControl) – системы с голосовым управлением;

2) системы HNC – класса (HandNumericalControl) – системы с ручным заданием управляющей программы;

3) системы TNC – класса (TotalNumericalControl) – системы ЧПУ CNC – класса с наиболее полным составом сервисных технических и программных средств, наиболее полно приспособленных к диалоговому режиму с оператором. При различиях в ориентации определяющим свойством систем CNC – класса является сходство их структуры со структурой ЭВМ.

4. Системы ЧПУ DNC – класса (Direct Numeral Control). Отсутствие в ГПС человека потребовало исключить ввод управляющей программы с перфоленты и вводить ее непосредственно от ЭВМ верхнего уровня. Появление недорогих ЭВМ и микропроцессоров явилось предпосылкой создания систем ЧПУ четвертого поколения DNC – класса. Системы DNC – класса осуществляют прямое числовое управление от ЭВМ без промежуточного представления информации на перфоленте. Создание и ввод в эксплуатацию систем класса DNC связывают с общим направлением развития современных комплексно-автоматизированных производств. В таких производствах управление работой

участков, состоящих из станков с ЧПУ, осуществляется от центральной вычислительной машины.

Системы DNC – класса предназначены для группового управления от ЭВМ, осуществляющих хранение программ и распределение их по запросам от устройства управления станками.

Функции устройства ЧПУ определяются через систему его необходимых внешних воздействий, как показано на рисунке 1.4.

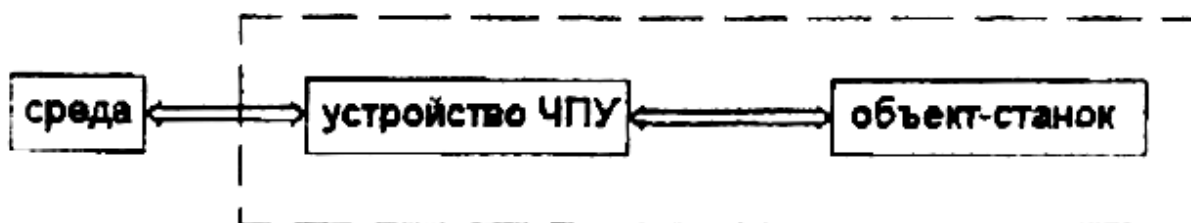


Рисунок 1.4 – Система внешних взаимодействий устройства ЧПУ

Устройство ЧПУ выступает как управляющий автомат по отношению к объекту.

Функции систем ЧПУ можно разделить на 4 класса:

- геометрическая задача ЧПУ – управление формированием детали;
- логическая задача ЧПУ – управление дискретной автоматикой станка;
- технологическая задача ЧПУ – управление рабочим процессом станка;
- терминальная задача ЧПУ – задача взаимодействия с окружающей производственной средой, проявляющаяся через диалог с оператором, и информационный обмен с управляющей ЭВМ более высокого ранга.

2 ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ СИСТЕМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА, А ТАКЖЕ КОМПЬЮТЕРНО-ЧИСЛОВОГО УПРАВЛЕНИЯ

2.1 CAD/CAM системы, разработка модели в программе «Компас-3D»

Общая схема работы с CAD/CAM системой. На первом этапе в CAD системе создаётся электронная модель изделия – 3D чертёж. На втором этапе 3D модель изделия экспортируется в CAM систему. В системе технологической подготовки производства выбираются параметры заготовки из которой будет изготовлено изделие, стратегия обработки, режущий инструмент и режимы резания. Система CAM автоматически производит расчеты траекторий перемещения инструмента. Третий этап заключается в визуальной проверке созданных траекторий при обнаружении ошибки, разработчик возвращается к соответствующему этапу, в котором производит исправление модели. Заключительным этапом проектирования является управляющая программа, которая представляет собой G-код, сформированный постпроцессором под конкретный станок с ЧПУ.

Обычно выделяют несколько вариантов геометрического представления детали в CAD системе. Использование того или иного варианта определяется непосредственно возможностью системы, а также необходимостью его применения для создания управляющей программы. Стоит сказать, что даже самая простая CAD система для двумерного проектирования дает возможность быстро создавать разного рода геометрические элементы, копировать фрагменты, проставлять размеры и автоматически наносить штриховку [22, с. 118].

Различают следующие основные инструменты при плоском проектировании: линии, дуги и кривые. При помощи операций продления, обрезки и соединения геометрических элементов создается «электронный чертёж». Для полноценной работы с плоской графикой в CAM системе необходима дополнительная информация о глубине геометрии.

Каркасная модель – геометрия детали в трехмерном пространстве, описывает положения её контуров и граней. Основным отличием каркасной модели от плоского электронного чертежа состоит в том, что она предоставляет частичную информацию о глубине геометрии[22, с. 86].

Системы объемного моделирования базируются на методах построения поверхностей и твердотельных моделей на основе плоских и не плоских эскизов. Эскиз включает в себя простые геометрические элементы– линии, дуги и кривые. Конструктор принимает в качестве эскизов сечения, виды и осевые линии деталей.

Поверхностная модель схожа с каркасной. Поверхностную модель с легкостью можно описать как набор ограничивающих поверхностей. Таким образом, поверхностные модели широко используются в САМ системах, в особенности когда речь идет об инструментальном производстве.

При твердотельном способе моделирования ведущими инструментами являются тела, созданные на основе эскизов. Для построения твердого тела используются такие операции как выдавливание, вырезание и вращение эскиза. Булевы операции позволяют складывать, вычитать и объединять разные твердые тела для создания 3D модели изделия. Твердотельная модель не является внутри пустой, в этом заключается главное отличие от поверхностных моделей. Такая модель обладает математической плотностью и массой. На сегодняшний день твердотельные модели – самая популярная основа для расчета траекторий в САМ системе.

В общем, САД/САМ система должна обладать инструментами для возможности создания как поверхностных, так и твердотельных моделей.

Для изготовления твердотельной 3D модели детали будем использовать программу «Компас-3D» V16, разработанную компанией АСКОН.

Основной задачей системы «Компас-3D» является моделирование изделий с целью существенного сокращения периода проектирования и быстрого их запуска в производство. Возможности, которыми обладает система, позволяющие

достигать вышеуказанных целей:

- быстрое получение конструкторской и технологической документации, необходимой для выпуска изделий;
- передача геометрии изделий в расчетные пакеты;
- передача геометрии в пакеты разработки управляющих программ для оборудования с ЧПУ;
- создание дополнительных изображений изделий (например, для составления каталогов, создания иллюстраций к технической документации).

«Компас-3D» – семейство систем автоматизированного проектирования с возможностями оформления проектной и конструкторской документации согласно стандартам серии ЕСКД. Программы данного семейства автоматически генерируют ассоциативные виды трёхмерных моделей (в том числе разрезы, сечения, местные разрезы, местные виды, виды по стрелке, виды с разрывом). Все они связаны с моделью: изменения в модели приводят к изменению изображения на чертеже.

«Компас-3D» – относительно несложная программа по сравнению с другими графическими программами. Интуитивно понятное меню, в котором просто разобраться. К основному недостатку рабочего интерфейса программы можно отнести постоянные запросы на подтверждение каждого действия оператора. В системе имеется возможность сохранения файла во многих форматах, например, CDW, JPEG, CAD и другие форматы. И эти форматы можно открыть в других программах, и не обязательно иметь «Компас-3D» или, например, AVTOSAD. Интерфейс «Компас-3D» представлен на рисунке 2.1.

Для выбора плоскости в среде «Компас-3D», интерфейс которого представлен на рисунке, необходимо щелкнуть ЛКМ (левая кнопка мыши) по плюсу и раскрыть дерево модели. В дереве модели выбираем плоскость и включаем команду «Эскиз». В нижней части рабочего поля появляется панель свойств, специальная панель, и строка вкладок.

Работа с данным интерфейсом требует большего напряжения, усиленного

внимания и неоднократного повторения некоторых действий.

При работе в среде «Компас-3D» необходимо отслеживать стиль линии, который отображается в «подсказке» на рабочем поле или в «панели свойств».

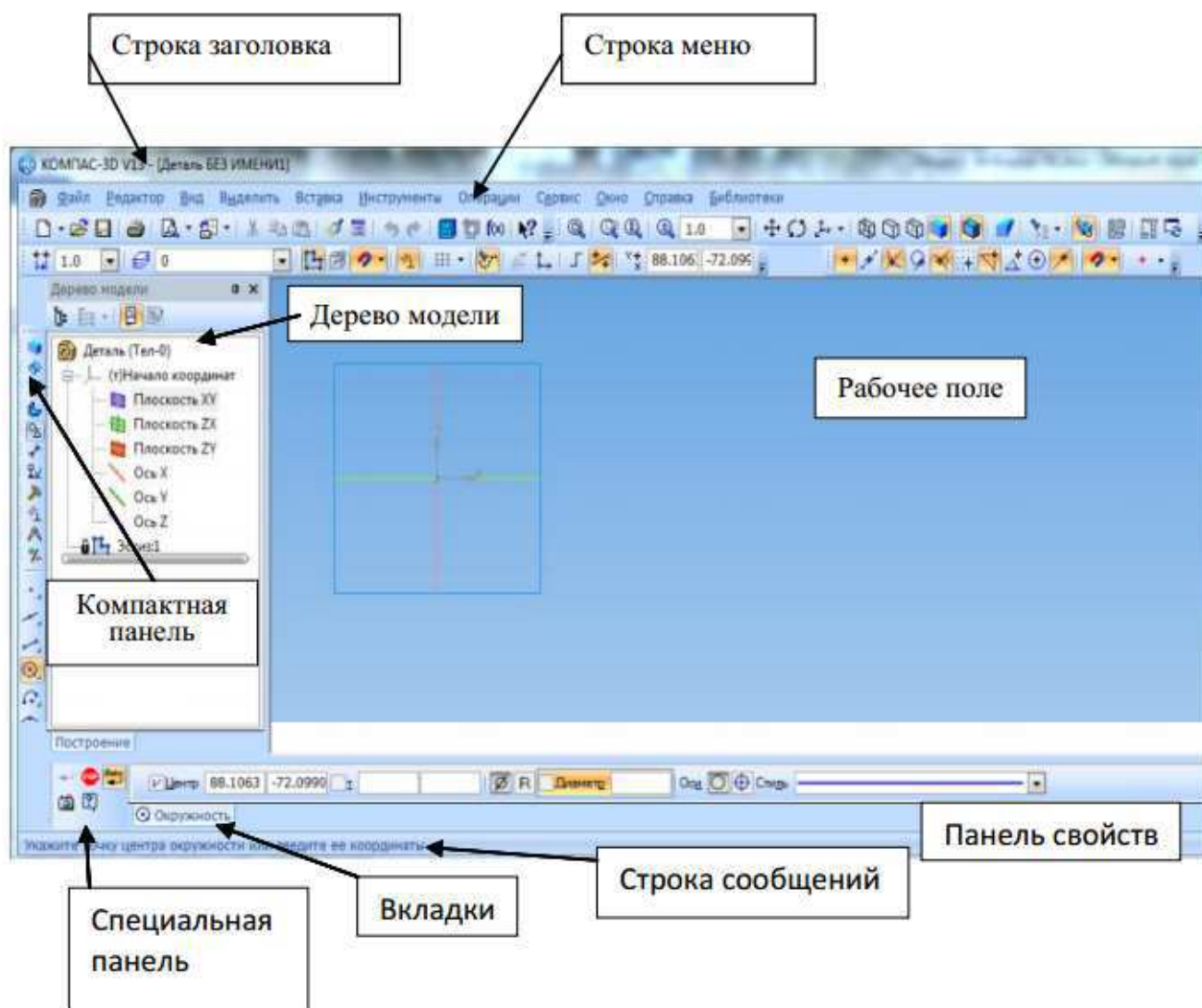


Рисунок 2.1 – Интерфейс «Компас-3D»

В качестве сравнения, при создании эскиза в среде SolidWorksnet необходимости отслеживать стиль линии, автоматически отображаются используемые взаимосвязи (горизонтальность, вертикальность, совпадение точек). Команда «Размер» однозначно воспринимает конфигурацию любого примитива и позволяет проставлять размеры: отрезка, радиуса, угла, диаметра не меняя команды «размер». Правильность построение эскиз и его примитивы отображается черным цветом.

В среде «Компас-3D» при выполнении эскиза элемента детали необходи-

мо отслеживать стиль линии, при этом невозможно отслеживать правильность построения примитивов, так как на рабочем поле автоматически не отображаются их взаимосвязи. Верность построения примитивов эскиза можно отслеживать только командой «отобразить степени свободы», что требует дополнительных затрат времени и внимания. И это не гарантирует того, что найдется правильное решение. Для каждого примитива, своя команда размера (для окружности, для угла, для радиуса, для отрезка и так далее). При редактировании примитивов эскиза (линия, окружность, дуга, многоугольник) поставленный размер в некоторых случаях живет «своей жизнью», то есть изменение геометрии примитива не влечет изменение его размера.

При простановке размера нужно контролировать правильность выполнения этой команды.

Поэтому при выполнении эскиза в данной среде затрачивается времени в полтора – два раза больше чем в среде SolidWorks.

Опишем алгоритм моделирования в среде «Компас-3D».

В процессе моделирования создается деталь, алгоритм (последовательность операций) ее создания.

Задаются размеры и геометрические взаимосвязи между элементами. Размеры, взаимосвязи и уравнения определяют форму конкретной детали. При изменении размеров изменяются форма и размеры детали, но сохраняется общий замысел проекта.

2.2 Компьютерное числовое управление, описание программы

Весомым преимуществом современных фрезерных станков с ЧПУ является их способность в автоматическом режиме проводить обработку заготовок, тем самым обеспечивая высокое качество и интенсивный темп выпуска изделий. Тем не менее, автоматическая обработка не означает полного исключения человека из технологической производственной цепочки.

Главным условием обеспечения качественной обработки заготовок остается подготовка производства, а главное – разработка управляющих программ

для станка.

Управляющая программа для станка с ЧПУ представляет собой, по сути, набор кодов, которые преобразуются микроконтроллером ЧПУ в импульсы для исполнительных элементов – шаговых электродвигателей (или серводвигателей для некоторых моделей станков). В свою очередь, управляющие импульсы преобразуются электродвигателями в механическое движение инструментального портала, несущего шпиндель с фрезой. Таким образом, станок реализует заложенный в управляющую программу маршрут движения фрезы относительно заготовки и обеспечивает требуемую скорость обработки и силу резания.

Маршрут обработки «прописывается» в файле управляющей программы с помощью современного программного обеспечения (в так называемой САМ-среде). Однако маршрут обработки не может быть создан «из ничего» – в качестве базиса должен выступать эскиз будущего изделия.

Основа программы обработки. Эскизом для создания программы обработки выступает трёхмерная математическая модель – точная виртуальная копия готового изделия. Подобно сборочному чертежу, 3D-модель строится на базе «плоских» двухмерных изображений (например, чертежей детали). Такое построение выполняется в САД-программе, типичным представителем которой является пакет «Компас-3D».

Программы, подобные «Компас-3D», относятся к системам автоматического проектирования (САПР) и широко применяются в конструкторских бюро и промышленности. САПР-пакеты позволяют автоматизировать и упростить весь цикл разработки конструкторской документации – от создания эскиза детали, до компоновки сборочных единиц и 3D-моделирования изделия в целом. Как описано выше, САПР-пакеты являются базисом для создания управляющих программ и их отправки на автоматические станки для непосредственного производства изделий.

Далее от эскиза до изготовления детали необходимо пройти 5 этапов, которые описаны в п.3.1.

2.3 Основные определения и формулы

Фреза обычно совершает резание в одном или нескольких направлениях: радиальном, периферийном и осевом. Каждый способ фрезерования можно разложить на три основных вида перемещения в сочетании с вращением фрезы как изображено на рисунке 2.2.

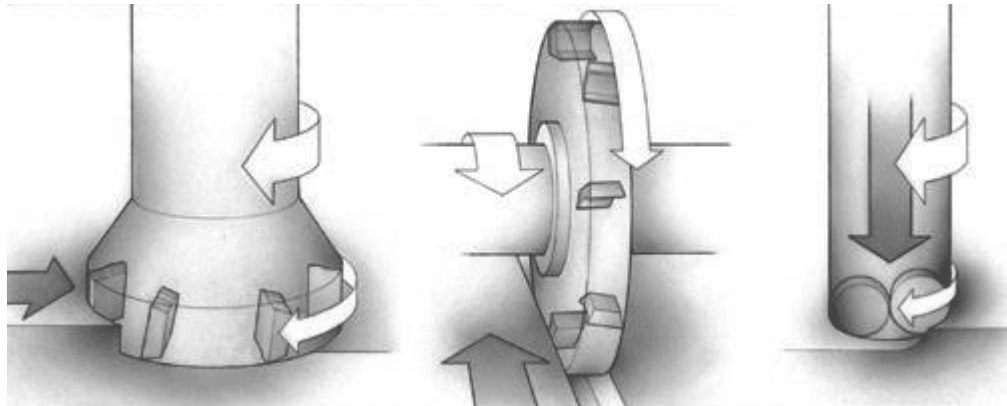


Рисунок 2.2 – Направление резания фрез: радиальное, периферийное, осевое

При торцевом фрезеровании в работе участвует как периферия, так и торец инструмента. Фреза вращается вокруг вертикальной оси в плоскости, перпендикулярной направлению подачи стола.

Фрезы в основном работают периферийной частью режущих кромок. При этом фреза вращается вокруг оси, параллельной плоскости детали.

При плунжерном фрезеровании в работе участвует торцевая часть режущей кромки или торец концевого инструмента. Подача направлена вдоль оси фрезы, обработка имеет сходство с процессом сверления[22, с. 265].

Скорость резания V , м/мин – это окружная скорость перемещения режущих кромок фрезы. Эта величина определяет эффективность обработки и лежит в рекомендованных для каждого инструментального материала пределах.

За один оборот фрезы точка режущей кромки, находящаяся на окружности фрезы диаметра D (мм), сможет пройти путь, равный длине окружности, то есть πD . Для того чтобы определить длину пути, пройденного точкой за одну минуту, нужно умножить длину пути за один оборот на частоту вращения фре-

зы, то есть πDN (мм/мин).

Таким образом, формула для определения скорости резания будет следующей:

$$V = \pi DN / 1000 \text{ (мм/мин)} \quad (1.1)$$

Частота вращения шпинделя N (об/мин) равняется числу оборотов фрезы в минуту. Вычисляется в соответствии с рекомендованной для данного типаоб-работки скоростью резания:

$$N = 1000V / nD \text{ (об/мин)} \quad (1.2)$$

При фрезеровании различают минутную подачу, подачу на зуб и подачу наоборот фрезы.

Подача на зуб Fz (мм/зуб) – величина перемещения фрезы или рабочего стола с заготовкой за время поворота фрезы на один зуб.

Подача на оборот Fo (мм/об) – величина перемещения фрезы или рабочего стола с заготовкой за один оборот фрезы. Подача на оборот равняется произведению подачи на зуб на число зубьев фрезы Z :

$$Fo = FzZ \text{ (мм/об)} \quad (1.3)$$

Минутной подачей Fm (мм/мин) называется величина относительного перемещения фрезы или рабочего стола с заготовкой за одну минуту. Минутная подача равняется произведению подачи на оборот на частоту вращения фрезы:

$$Fm = FoN = FzZN \text{ (мм/мин)} \quad (1.4)$$

Глубиной фрезерования h (мм) называется расстояние между обработанной и необработанной поверхностями, измеряемое вдоль оси фрезы.

Шириной фрезерования b (мм) называется величина срезаемого припуска, измеренная в радиальном направлении, или ширина контакта заготовки и инструмента.

Производительность снятия материала Q (см³) – это объем удаляемого материала в единицу времени, определяемый глубиной, шириной обработки и величиной подачи.

$$Q = (h \times b \times Fm)/1000 \quad (1.5)$$

2.4 Описание рекомендаций по фрезерованию

Выбор диаметра фрезы зависит, в большей степени, от ширины обрабатываемой заготовки, а также от мощностных характеристик станка. При этом необходимо учитывать то, что важным фактором, определяющим успешное выполнение операции фрезерования, является взаимное расположение обрабатываемой поверхности и фрезы.

Ширина фрезерования существенно влияет на выбор диаметра фрезы (рисунок 2.3) при обработке торцовыми фрезами. В этом случае рекомендуется выбирать диаметр фрезы, превышающий ширину фрезерования на 20–50%.

Если обработка может быть произведена за несколько проходов, то ширина резания за каждый проход должна быть равной 3/4 диаметра фрезы. При этом формирование стружки и нагрузка на режущую кромку будут оптимальными.

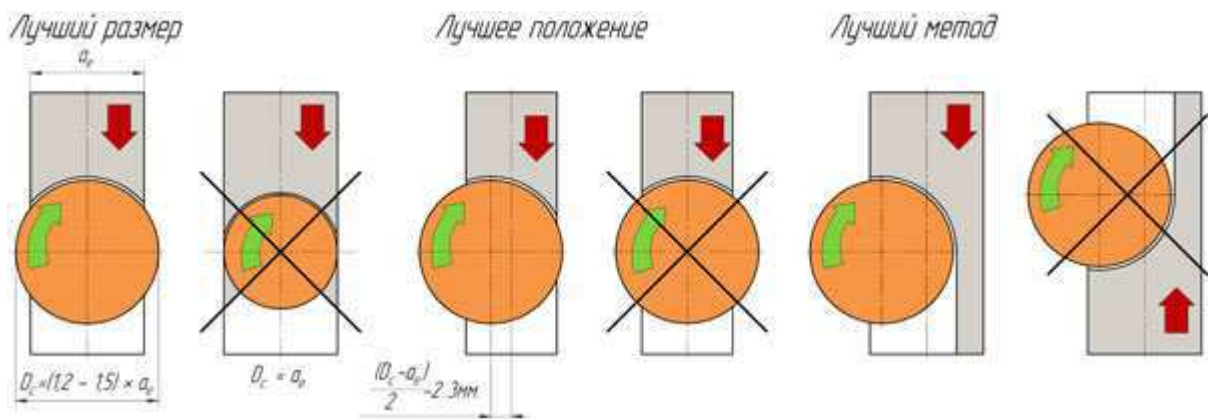


Рисунок 2.3 – Варианты расположения фрезы относительно заготовки

Когда диаметр фрезы значительно превышает ширину заготовки, то ось фрезы следует сместить с оси симметрии заготовки. Необходимо учесть, что близкое расположение оси фрезы к оси заготовки позволяет обеспечить наикратчайший путь зубьев фрезы в металле, надежное формирование стружки на входе и благоприятную ситуацию относительно ударных нагрузок на пластину. Но когда ось фрезы расположена точно по оси симметрии заготовки, цикличе-

ское изменение силы резания при врезании и выходе может привести к возникновению вибраций, которые приведут к повреждению пластины и плохой шероховатости поверхности.

При торцевом фрезеровании по возможности необходимо избегать фрезерования плоскостей с пересечением пазов и отверстий, так как при этом режущие кромки будут работать в неудовлетворительных условиях прерывистого резания. Операцию изготовления отверстий необходимо выполнять после фрезерования. Если такой вариант невозможен, то при пересечении фрезой отверстия снижайте величину подачи на 50% от рекомендованной.

При обработке больших плоскостей необходимо не прерывать контакт фрезы с заготовкой, обходя поверхность по периметру, а не за несколько параллельных проходов. Для исключения возможности возникновения вибраций, связанных с резким увеличением угла охвата фрезы, саму обработку углов необходимо осуществлять по радиусу, превышающему радиус фрезы.

При обработке закрытого паза (замкнутой области) основная проблема заключается в трудности первоначального входа инструмента в материал заготовки, так как большинство концевых фрез плохо работают на засверливание. Существует несколько способов решения этой проблемы. Самый простой выход из ситуации – предварительно просверлить технологическое отверстие и затем спокойно опустить в него фрезу. Более интересные способы – маятниковое и спиральное врезания. В этом случае отпадает необходимость предварительного сверления, режущий инструмент входит в материал заготовки плавно.

3 РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА ДЕТАЛИ

3.1 Моделирование и технологическая подготовка изготовления детали

Существует установленный алгоритм производства изделий на фрезерных станках с ЧПУ:

- 1) создание «плоского» 2D-эскиза детали;
- 2) разработка 3D-модели изделия (на базе двухмерного эскиза);
- 3) программирование маршрута обработки (траектория движения фрезы строится на базе 3D-модели изделия);
- 4) экспорт управляющей программы в специальном формате («понятном» для контроллера ЧПУ конкретной модели фрезерного станка);
- 5) загрузка управляющей программы в память контроллера ЧПУ фрезерного станка и запуск процесса обработки.

Первый этап заключается в работе с конструкторской документацией: при подготовке к производству изделий, на основании чертежей сборочных единиц и более мелких узлов (вплоть до отдельных деталей), разрабатываются подробные чертежи – с необходимым количеством видов, разрезов, сечений и простановкой размеров. С относительно недавнего времени в условиях производства на базе чертежей отдельных деталей создавались операционные карты, предназначенные для непосредственного выпуска деталей рабочими на ручных фрезерных станках. С появлением автоматического оборудования необходимость в операционных картах («нападках на операцию») отпала. Более того, подробные чертежи деталей изначально выполняются в электронном виде. Если же нет, 2D-эскиз может быть получен оцифровкой бумажного чертежа (с помощью той же программы «Компас-3D»).

Второй этап – разработка 3D-модели – также осуществляется в CAD-среде, позволяющей не просто визуализировать каркас детали, сборочных узлов

или всего изделия, но и провести расчёты на прочность и жёсткость конструкции. Таким образом, взятая за базис 3D-модель является математической копией полноценного изделия. Для того, что бы воплотить его «в материале» остаётся лишь изготовить деталь с необходимой степенью точности.

Для реализации данного концепта существует третий этап – создание маршрута обработки. Эта работа относится к технологической части подготовки производства, влияющей на качество, темп и себестоимость выпуска изделий. Что касается использования фрезерного станка с ЧПУ, в этом случае создание маршрута обработки сводится к преобразованию 3D-эскиза – ограничению области обработки, заданию чистовых и черновых переходов, определению нужного типа фрезы, программированию режимов резания и так далее. Специальная программа – постпроцессор – позволяет экспортировать эти данные в том формате, который будет воспринят контроллером ЧПУ конкретной модели станка. Таким образом, финальная стадия четвёртого этапа позволяет получить рабочий файл управляющей программы для изготовления нужной детали.

Заключительный пятый этап означает загрузку управляющей программы в память фрезерного станка с ЧПУ и выполнение обработки. После чего, первый образец детали может быть подвергнут контрольной проверке. Работа в электронной документации позволяет оперативно устранить ошибки при выявлении отклонений. Таким образом, исключается запуск в производство бракованных изделий.

Если же контрольный образец детали полностью соответствует требованиям, изделие запускается в серийное производство. При этом идентичность отдельных деталей в партии и точность их размеров (в пределах допуска) обеспечивается характеристиками фрезерного оборудования (как правило, точность современных моделей фрезерных станков с ЧПУ составляет десятые доли миллиметра).

Из всего вышесказанного, очевидно, что создание первичного эскиза является базисом всего последующего цикла производства изделий. А значит САД-программы для разработки двух- и трёхмерных моделей являются важнейшим элементом работы на современных фрезерных станках с ЧПУ.

3.2 Производство изоляционных деталей из слоистых пластиков, дерева, пресс-порошков и других материалов

Диэлектрики или электроизоляционные материалы обладают очень большим электрическим сопротивлением (удельное объемное сопротивление диэлектриков равно $10^9 - 10^{20}$ Ом*см)[25, с. 113].

Различают органические и неорганические диэлектрики. К органическим относятся пластические массы, слоистые пластики, целлюлозные материалы, кремнийорганические полимеры, каучуковые, а также пропиточные материалы, компаунды, лаки и клеи. К неорганической группе – радиотехническая керамика, силикатные стекла, слюда и материалы на ее основе, сегнетоэлектрики, пьезоэлектрики и электреты[25, с. 83-86].

Учитывая современные тенденции на рынке производства, на каждом трансформаторном заводе имеется цех или участок по механообработке деталей из дерева, бакелитовых изделий, слоистых пластиков.

Пресс-порошки – исходные материалы для изготовления пластмасс, состоящие из связующего вещества, наполнителя, красителя, пластификатора и других добавок. Связующим веществом обычно являются фенолформальдегидные или другие искусственные смолы. В зависимости от соотношения их составных частей пластмасса может быть термореактивной или термопластичной. Термопластичные материалы в отличие от термореактивных способны после полимеризации к повторному размягчению. В качестве наполнителя используют древесную или минеральную муку, кварцевую пудру, стекловолокно и т. п. Для улучшения технологических свойств порошков применяют пластификатор[25, с. 205]. Детали из пресс-порошков получают горячим прессованием или

литьем под давлением. Изделия, полученные из пресс-порошков с волокнистым наполнителем, обладают повышенной механической прочностью, но мало эластичны.

Бумажно-бакелитовые цилиндры и трубки широко применяются для намотки обмоток трансформаторов I – III габаритов для изоляции отводов и стяжных шпилек магнитопровода, а также в конструкциях переключающих устройств.

В конструкциях мощных силовых трансформаторов в узлах с повышенной механической прочностью детали изготавливают из гетинакса, текстолита и древесного слоистого пластика. Так, вставки в электрокартонное емкостное кольцо изготавливают из гетинакса, детали переключателя – из текстолита, гайки для скрепления изоляционных деталей изготавливают из листового текстолита или гетинакса; шпильки точат из стержневого текстолита или гетинакса.

Отмечается хорошее качество изоляционного крепежа (гаек и шпилек), изготовленного из пресс-порошка. На ЗТЗ гайки изготавливаются из пресс-порошка монолит 0,2 и 0,3. Их прессуют в многоместных пресс-формах под давлением 1 МН с выдержкой времени 23 мин.

В существующих конструкциях трансформаторов большое количество деталей изготавливается из бука. На рисунке 3.1 показаны отдельные виды таких деталей.

- а – планки крепления отводов (дерево);
- б– клинья для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода (дерево);
- в – брус ступенчатый для упора пакетов магнитопровода (дерево);
- г– сегментная вставка емкостного кольца (гетинакс).

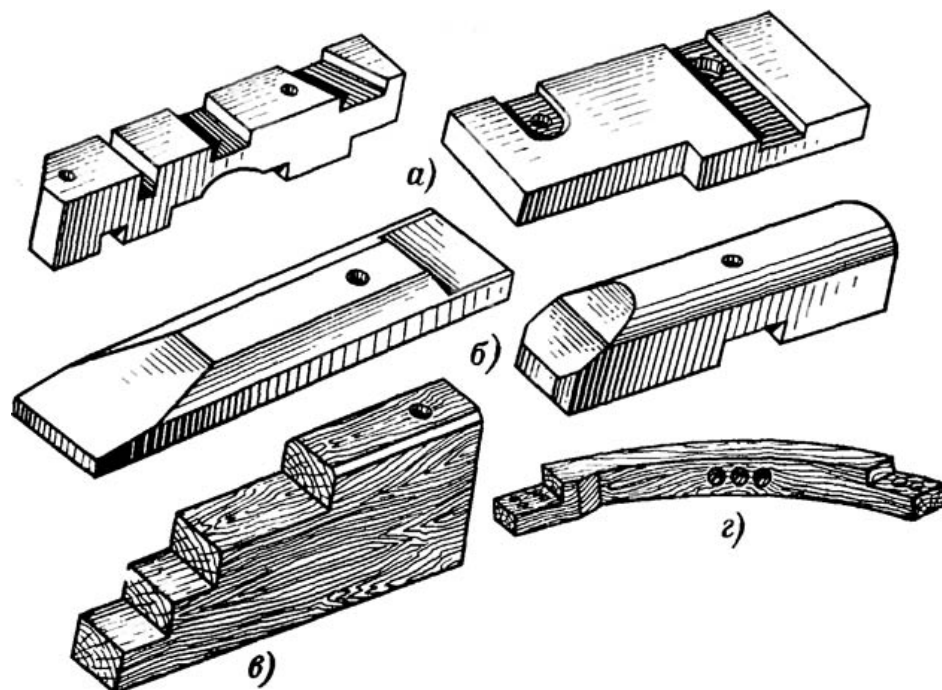


Рисунок 3.1 – Детали из дерева и слоистых пластиков.

Зачистка деталей по контуру производится в галтовочном барабане. Подготавливается изготовление всех шпилек из пресс-порошка.

Широкое применение пластмасс в производстве масляных трансформаторов сдерживается, так как существующие марки пластмасс недостаточно надежны при длительной работе в разогретом трансформаторном масле.

До настоящего времени нет еще материалов для деталей, которые бы заменили дерево в конструкции крепления отводов трансформатора. В ближайшие годы нужно освоить выпуск профильного материала, достаточно прочного и маслостойкого, применение которого упростит производство изоляционных деталей из дерева и слоистых пластиков и сохранит огромное количество древесины для других целей.

3.3 Эмуляция изготовления детали

Начинаем работу с запуска программы и выбора в верхней панели значка \Создать\ . В появившемся окне выбираем значок \Чертеж\ (рисунок 3.2).

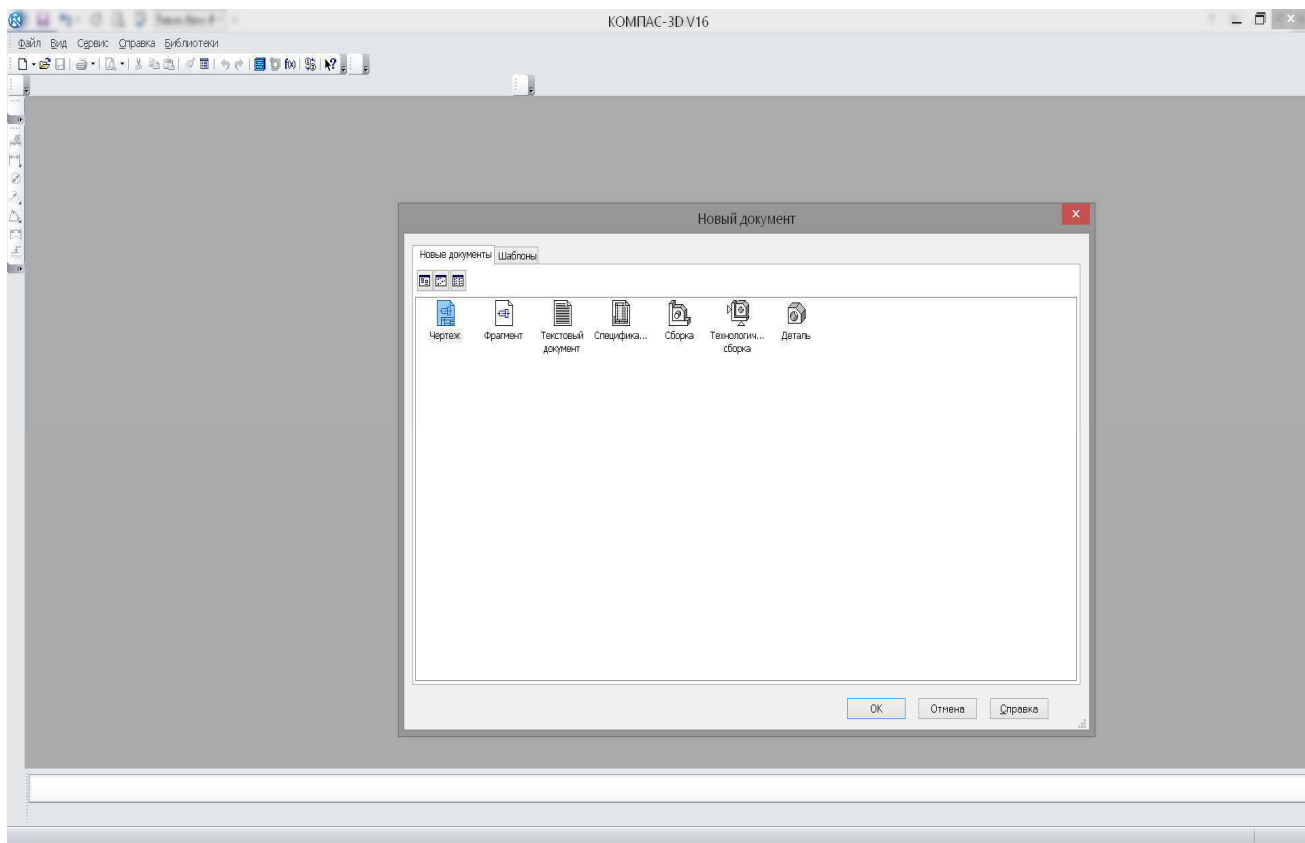


Рисунок 3.2 – Начало работы с программой «Компас-3D»

Далее с помощью графических примитивов строим контур детали.

После окончания закрываем эскиз.

Эскиз клина для раскрепления обмоток в виде чертежа 2D представлен на рисунке 3.2 и в графической части выпускной квалификационной работы на листе 3 ВКР.134199.15.03.04.CX

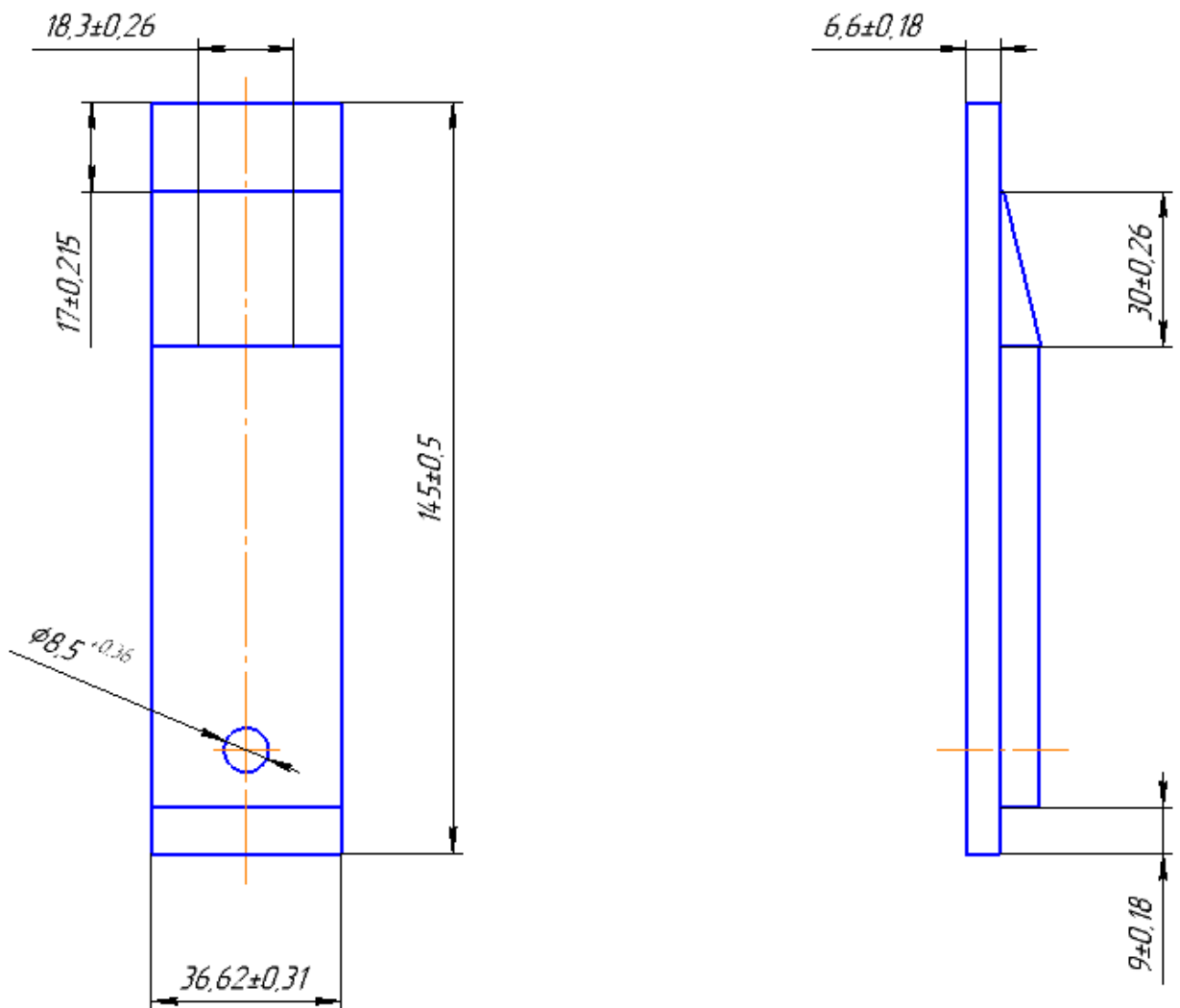


Рисунок 3.2 – Эскиз клина для раскрепления обмоток в виде чертежа 2D

Приняты следующие технические требования:

1. * Размеры для справок.
2. Острые кромки притупить R0,3.
3. Маркировать электрохимическим методом.
4. Деталь изготовить из бука.

После окончания закрываем эскиз. После этого с помощью операции выдавливания строим твердотельную модель.

Для этого запуска программы и выбора в верхней панели значка \Создать\ . В появившемся окне выбираем значок \Деталь\ (рисунок 3.3).

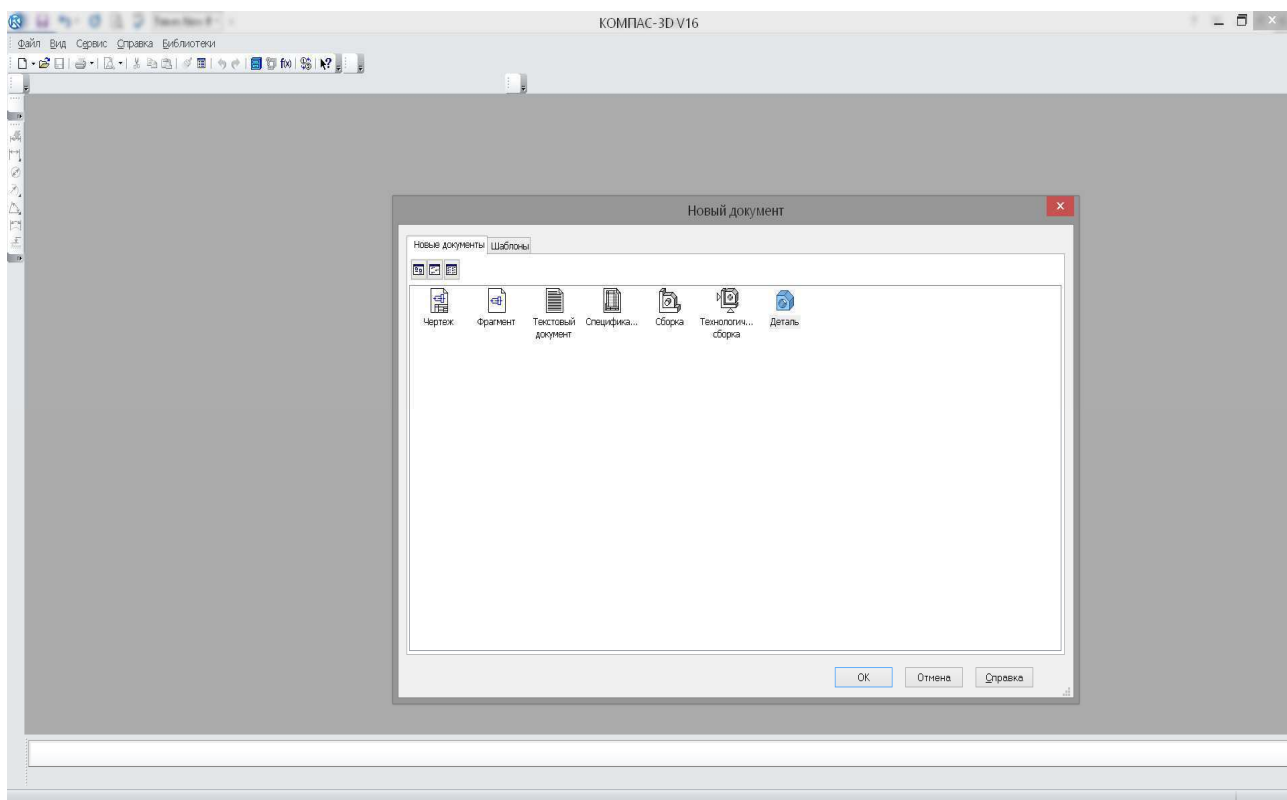


Рисунок 3.3 – Начало построения твердотельной модели

Переносим эскиз в зону 3-D моделирования и путем функции \Выдавливание\ создаем деталь твердотельной модели «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода». Данные функции показаны на рисунках 3.4 – 3.7.

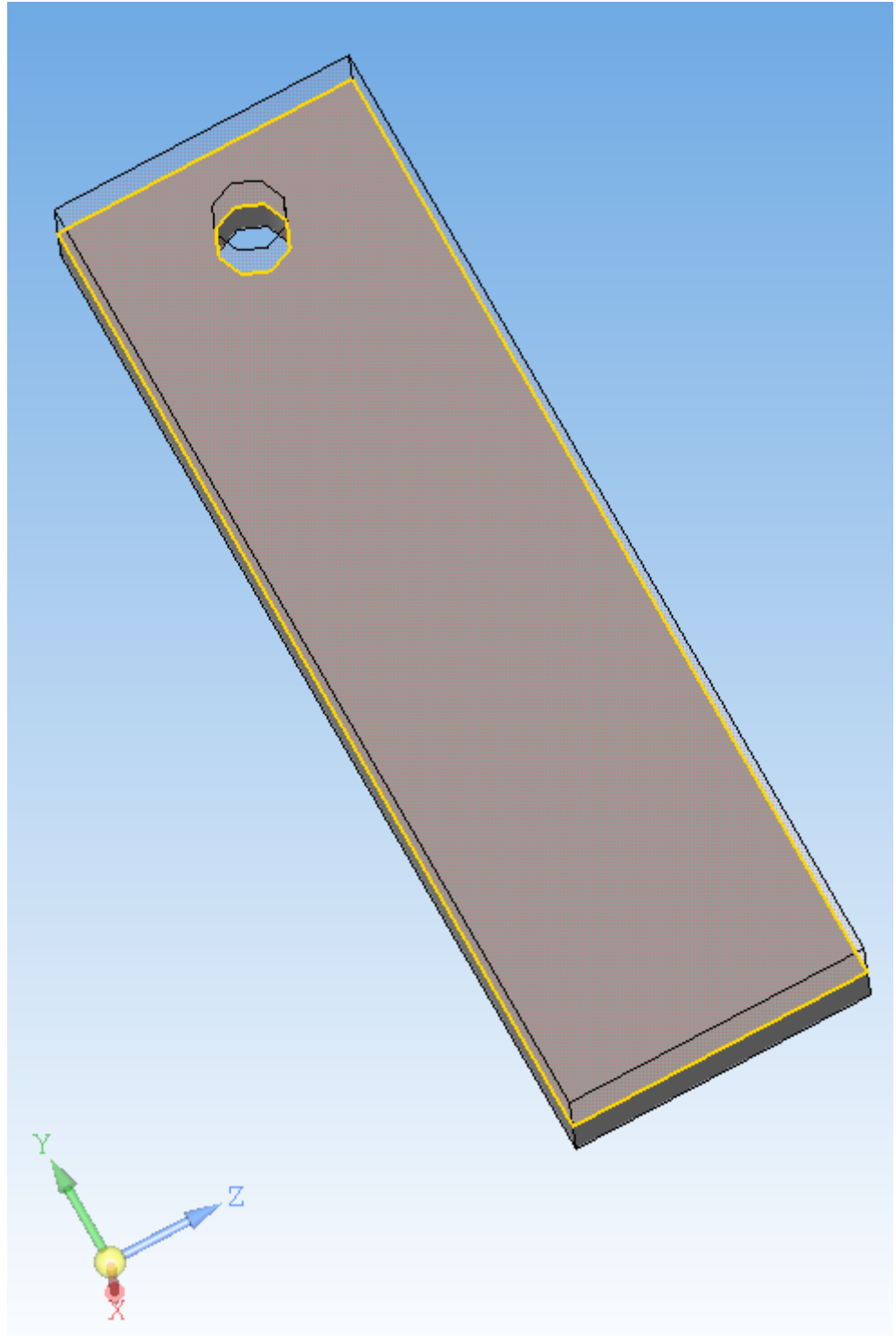


Рисунок 3.4 – Процедура выдавливания детали твердотельной модели «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода»

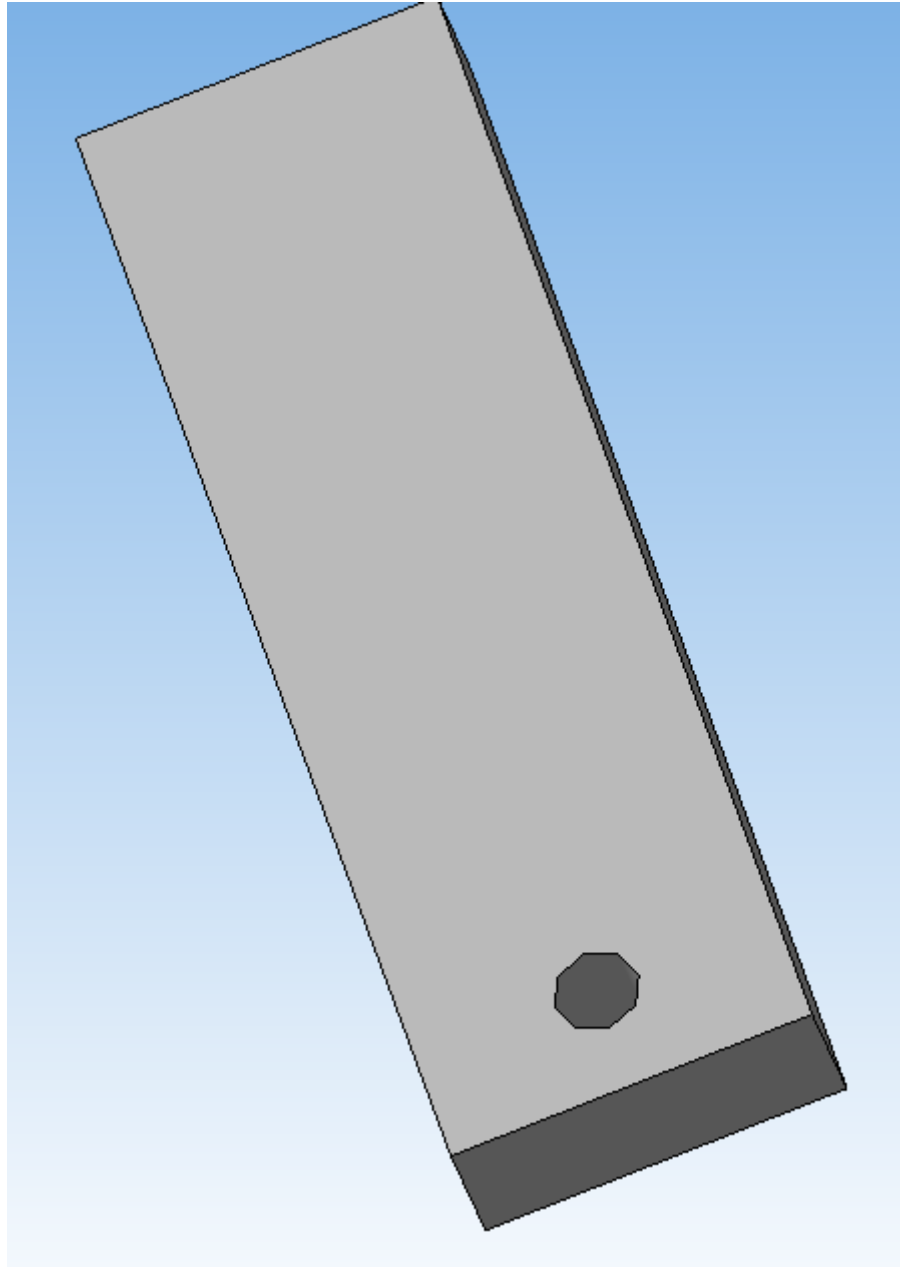


Рисунок 3.5 – Построение детали твердотельной модели «Клин для закрепления обмоток на стержне магнитопровода»

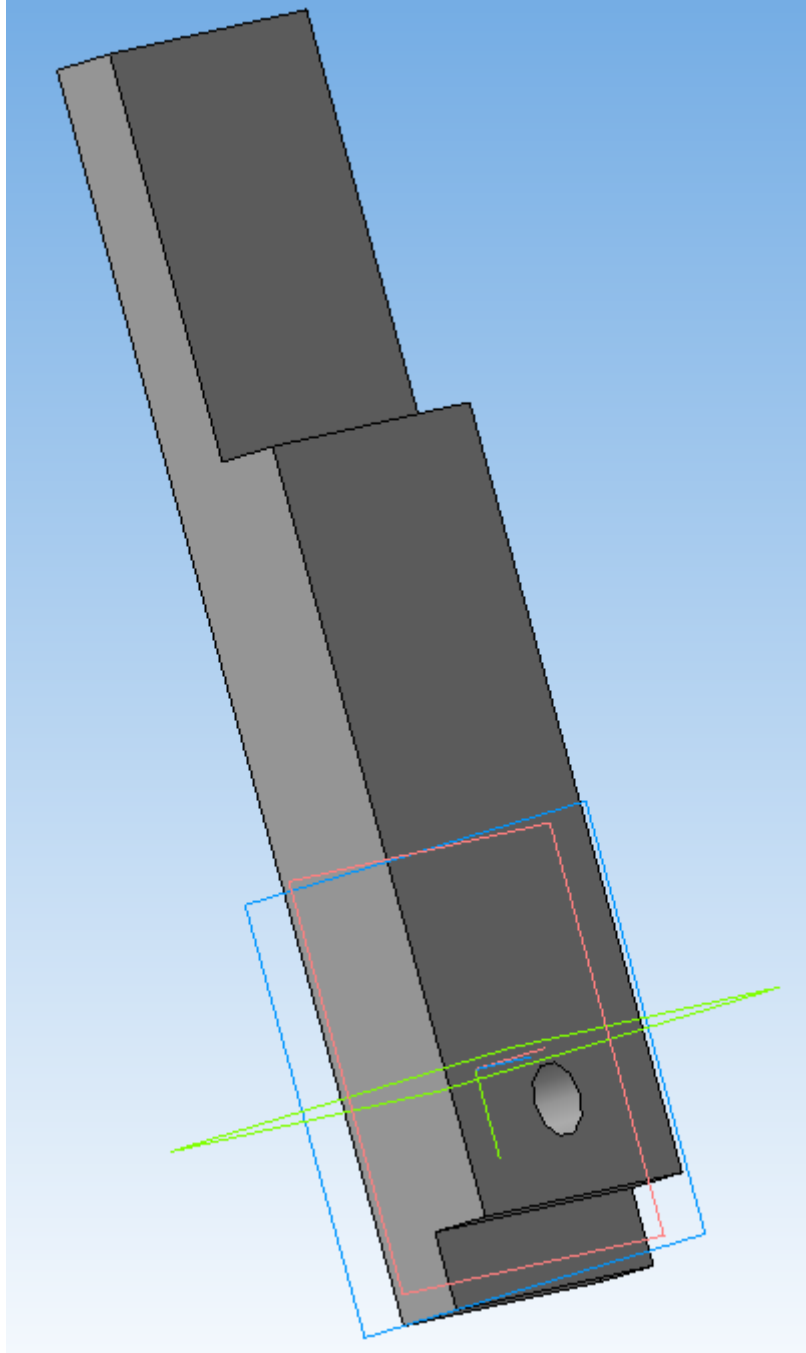


Рисунок 3.6 – Построение детали твердотельной модели «Клин для закрепления обмоток на стержне магнитопровода»

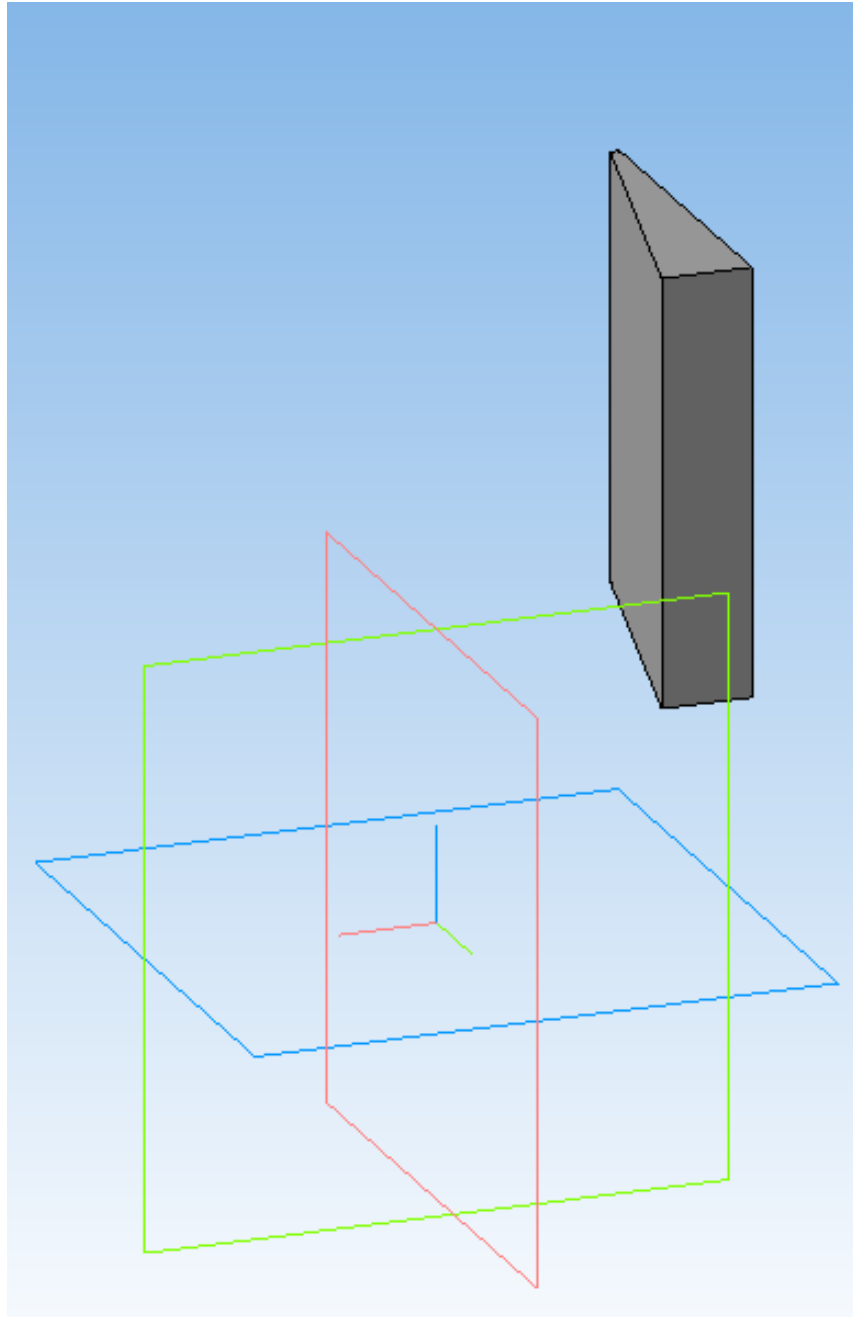


Рисунок 3.7 – Построение детали твердотельной модели «Клин для крепления обмоток на стержне магнитопровода»

Далее необходимо собрать деталь. Начинаем работу с запуска программы и выбора в верхней панели значка \Создать\ . В появившемся окне выбираем значок \Сборка\ (рисунок 3.8).

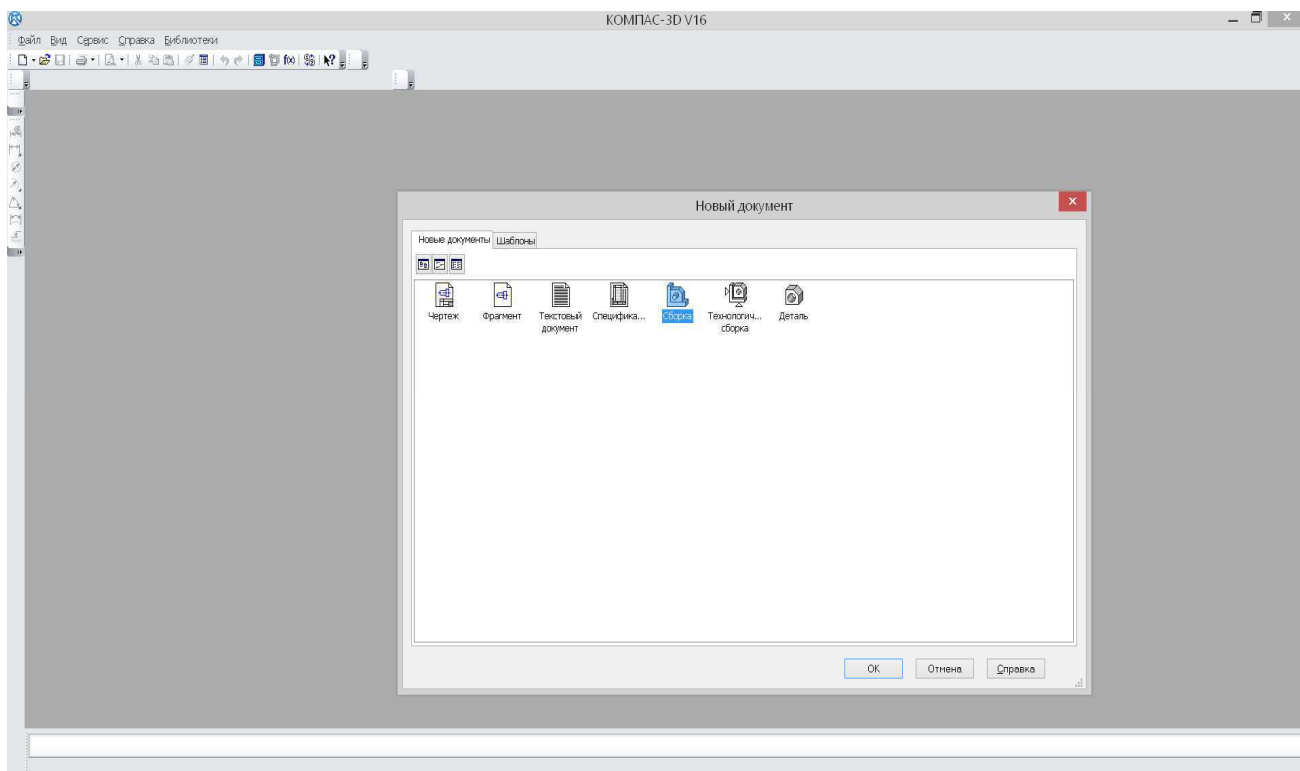


Рисунок 3.8 – Начало сборки твердотельной модели «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода»

Путем добавления из предварительно сохраненных файлов детали компонуем и собираем всю деталь.

Соединение и компоновка сборки осуществлялось путем сопряжения деталей из файлов. Методы сопряжения выбраны следующие:

- совпадение;
- на расстоянии.

На рисунке 3.9 показано дерево функций модели сборки детали «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода».

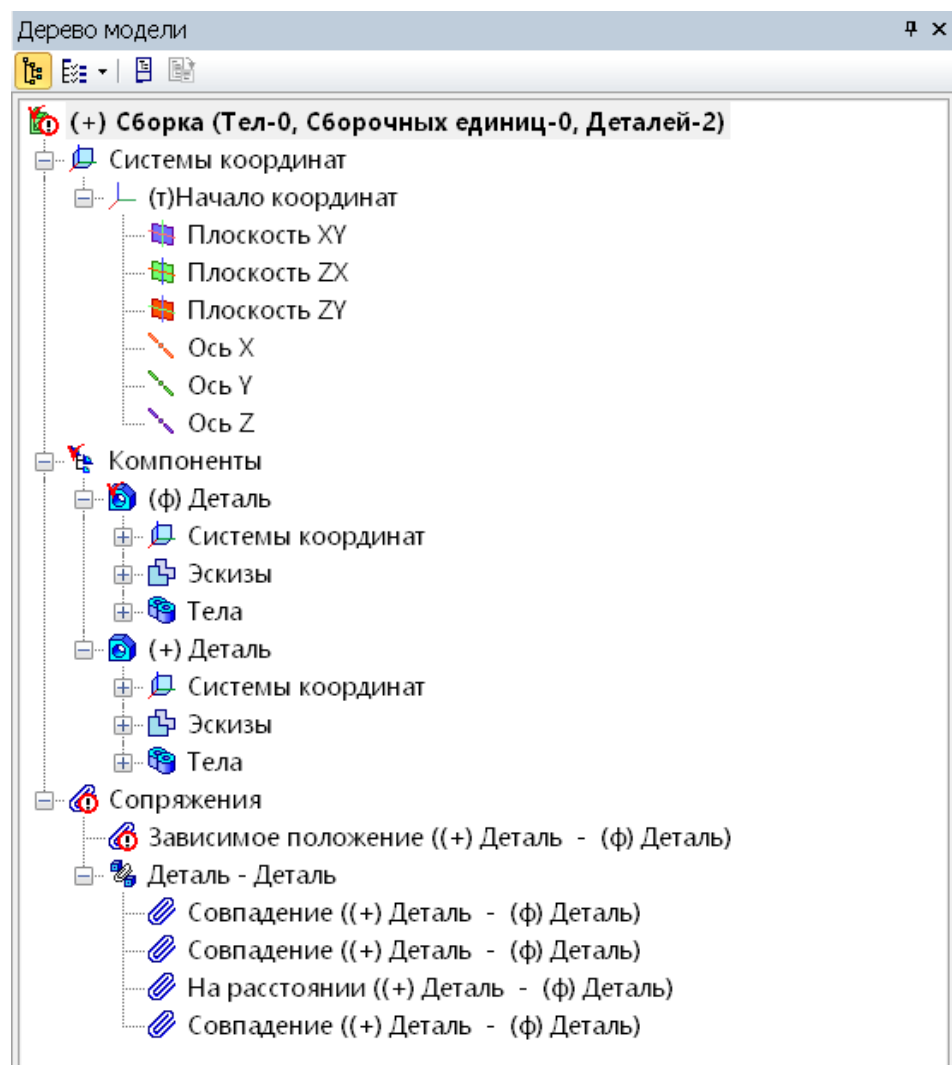


Рисунок 3.9 – Дерево функций модели сборки детали «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода»

На рисунках 3.10 и 3.11 показано упрощенное трехмерное графическое изображение детали «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода».

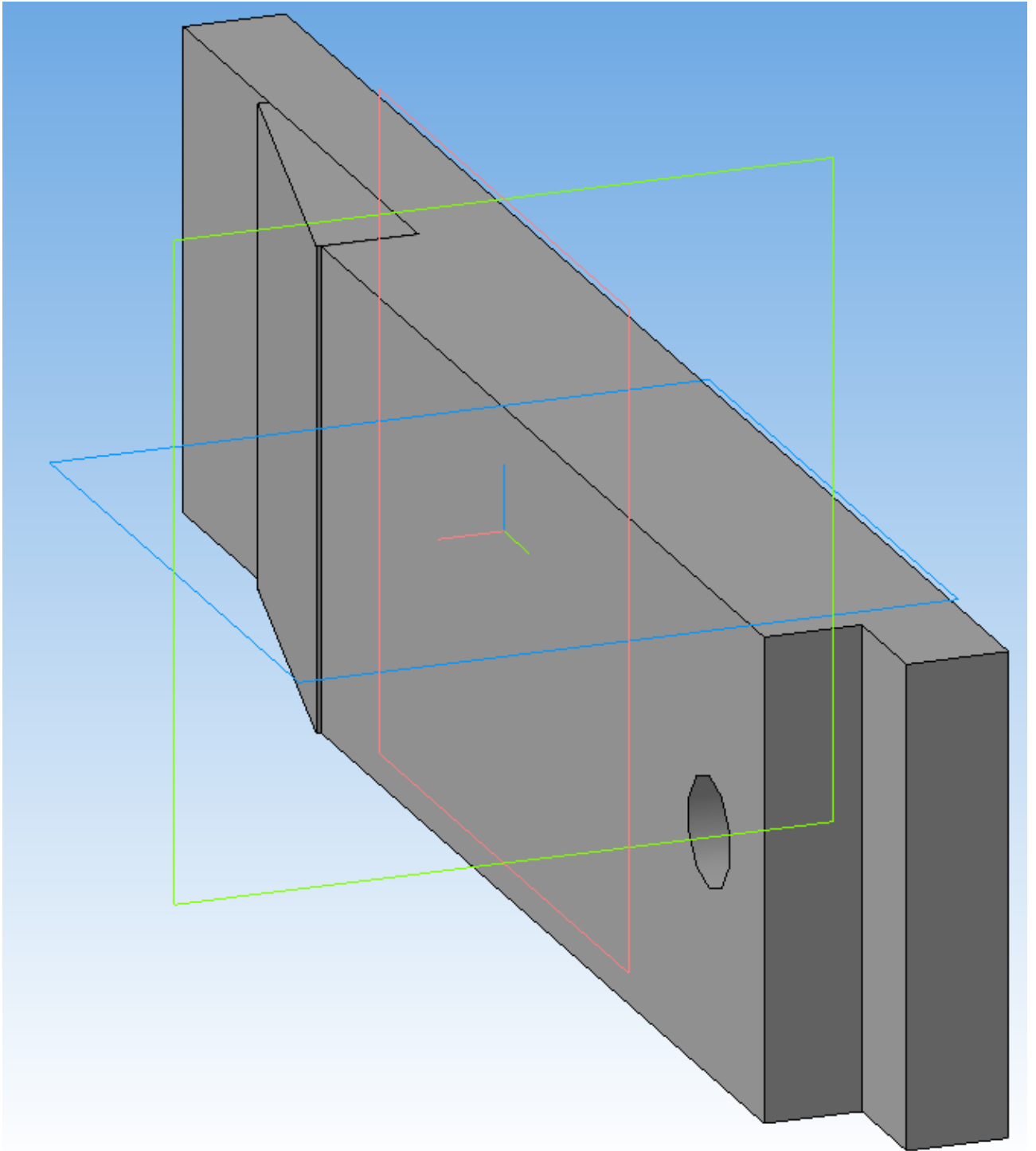


Рисунок 3.10 – Упрощенное трехмерное графическое изображение детали «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода на стержне магнитопровода». Вид 1

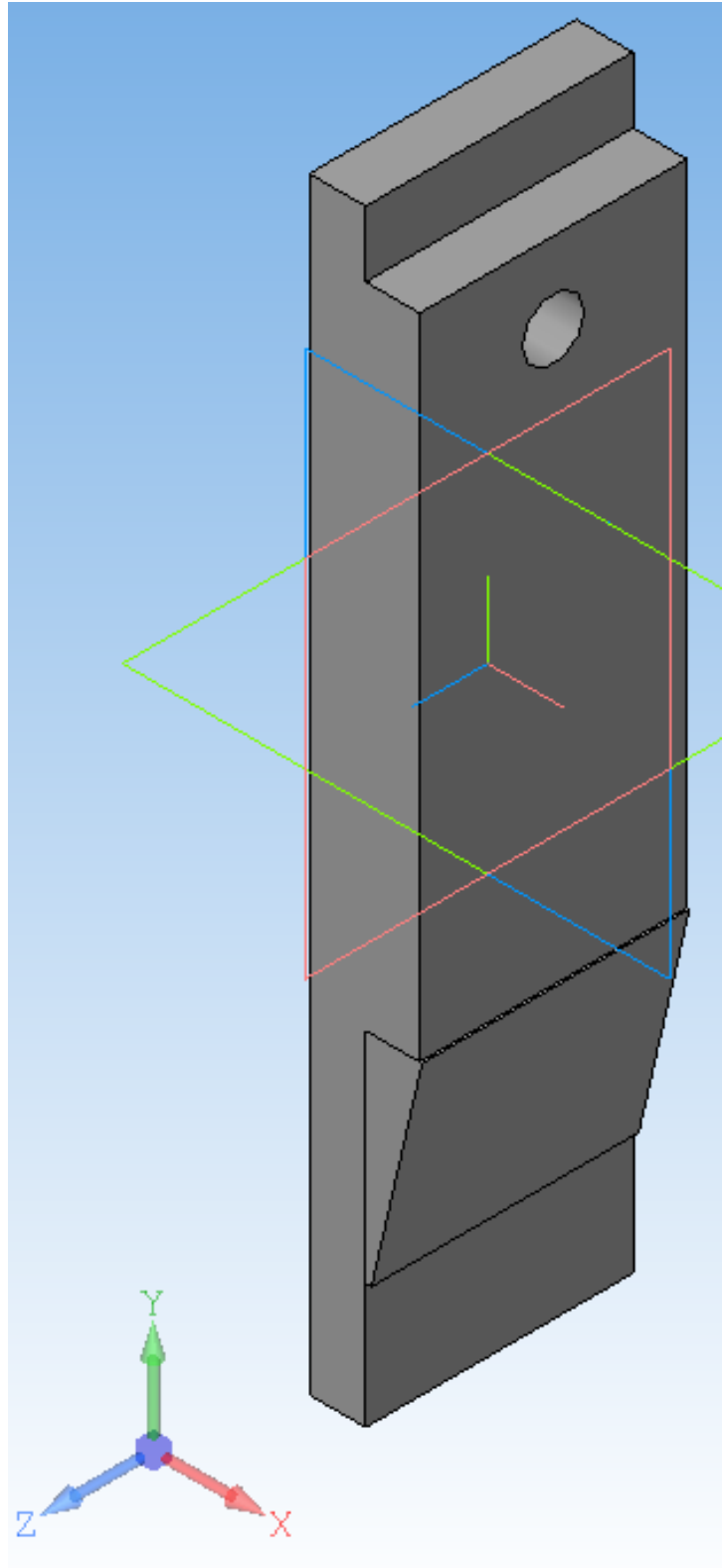


Рисунок 3.11 – Упрощенное трехмерное графическое изображение детали «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода на стержне».

Вид 2

Упрощенное трехмерное графическое изображение детали «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода» представлено также в графической части выпускной квалификационной работы на листе 3 ВКР.134199.15.03.04.СХ. Эмуляция изготовления детали также представлена в графической части выпускной квалификационной работы на листе 3 ВКР.134199.15.03.04.СХ.

4 ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ СИСТЕМЫ ДЛЯ СКВОЗНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ ВЫБРАННОЙ ДЕТАЛИ

Сквозное проектирование, в данном контексте, – это один из вариантов организации групповой работы, с возможностью мгновенного обновления повторяющихся графических данных на всех чертежах проекта. В этом случае любым графическим материалам (в нашем случае .m3d файлам) может быть логически присвоен статус «источник данных», либо «импортер данных». Импортер данных будет включать в себя источник данных. А проще – в него будет вставлена ссылка на источник данных.

Задача методики «сквозного проектирования» – снизить время ожидания, повысить оперативность взаимодействия специалистов. Применение этой методики позволяет:

- исключить появление нестыковок между отдельными разделами проекта, потому что позволяет в реальном времени отслеживать обновление исходных данных (исключая работу в ненужном направлении);
- исключить ручное обновление исходных данных (данные импортируются один раз и обновляются автоматически, при изменении источника); при данной схеме можно минимизировать человеческий фактор ошибок, возникающих из-за недостаточной информированности участников проекта о ходе процесса.

САПР были изначально предназначены для автоматизации черчения. Но уже долгое время на предприятиях используют трехмерные системы моделирования САД, в основе которых лежат параметрические объемные 3D-модели. Эти системы изменили в корне подход к проектированию. Создание новой продукции значительно ускорилось, затраты и число ошибок сократились, процесс разработки стал более творческим.

Основным недостатком плоского черчения является сложность представ-

ления изделия в пространстве, так как конструктору приходится опираться только на виды, а саму модель формировать в «голове», вследствие чего возникают недочеты, которые рождают в дальнейшем крупные ошибки. 3D-системы превосходят плоское черчение, благодаря возможности смоделировать изделие до создания чертежей или опытных образцов, при этом позволяют увидеть результат моделирования на любом шаге проектирования. Визуализация изделия – это одно из основных преимуществ 3D-моделирования. Использование трехмерной технологии позволяет проектировать изделие необходимого качества за короткие сроки, благодаря сокращению возможности появления ошибок и снижению затрат на их исправление.

Для проверки проектируемых конструкций визуализации не достаточно, для этого в 3D CAD-системах заложены необходимые инструменты. Для всестороннего анализа изделия созданные модели можно передавать в системы инженерных расчетов CAE, где она проверяется на функциональность, устойчивость, прочность, жесткость, безопасность, долговечность и так далее. По моделям автоматически вычисляются массово-инерционные характеристики, объем и другие важные физические параметры проектируемых деталей и сборок. Анализ виртуальных макетов позволяет оптимизировать конструкцию путем проработки вариантов исполнения с учетом различных физических свойств изделия и выбрать оптимальное решение при минимальных затратах на исполнение.

Одно из достоинств трехмерных моделей заключается в том, что их можно передавать в системы подготовки УП ЧПУ (Управляющих программ для станков с Числовым программным управлением) САМ, которые автоматически создают программы для станков с ЧПУ.

Применение 3D-модели в проектировании позволяет автоматически получать чертежи и конструкторские спецификации, качество которых соответствует требованиям КТПП. Благодаря точной и полной передачи данных об изделии сокращается количество возможных ошибок в документации, при этом по-

вышается качество чертежей, конструкторских спецификаций и взаимосвязи между ними.

На базе 3D-модели возможно применение технологии сквозного проектирования. Данная технология позволяет связать воедино все этапы разработки и постановки продукции в производство. От конструкторской модели изделия до УП ЧПУ на изделие и оснастку, а также при создании технологических процессов используется единая 3D-модель. Зародившись у конструктора, 3D-модель доходит до производства, проходя все фазы КТПП, что повышает эффективность процесса проектирования в разы.

При построении интегрированной информационной системы (ИИС) КТПП 3D-модель закладывается в основу и является объектом управления внутри ИИС КТПП.

По данным Американского Национального Института Стандартов и Технологий (NationalInstituteofStandardsandTechnology, USA) применение сквозного проектирования позволяет:

- значительно повысить качество выпускаемой продукции;
- ускорить выход продукции на рынок - на 20-90%;
- сократить время на разработку изделия - на 30-70%;
- сократить время на внесение изменений - на 65-90%;
- сократить затраты на подготовку изделия к производству - на 5-50%;
- ускорить окупаемость затрат на 20-85%.

Реализация метода сквозного проектирования на базе 3D-моделирования позволяет осуществлять полный цикл разработки: от конструкции детали до полного комплекта ТД (технологической документации) и управляющих программ для станков с ЧПУ, которые обеспечивают изготовление оснастки и механическую обработку самих деталей.

Этапы сквозного проектирования:

- 1) проектирование изделия (создание трехмерной геометрической модели);
- 2) технологическая подготовка производства (разработка необходимой ТД и КД на оснастку);
- 3) создание управляющих программ для станков с ЧПУ (формирование программы под конкретный станок);
- 4) изготовление оснастки и изделия (передача готовой программы непосредственно в систему ЧПУ станка и ее выполнение).

Использование сквозного проектирования на базе 3D-моделирования в единой информационной системе КТПП позволяет избежать многочисленных ошибок при подготовке производства и его сопровождении, а также выпускать продукцию с требуемым качеством и потребительскими свойствами, которые соответствуют условиям эксплуатации и отвечают техническим, экономическим и технологическим требованиям, в кратчайшие сроки.

В данной выпускной квалификационной работе при разработке клина для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода на стержне в качестве сквозного проектирования электронной модели можно рассмотреть вариант создания нескольких деталей (рисунок 3.4 – 3.7). Данные элементы детали (в программном продукте «Компас – 3D» имеет название \Деталь\) для удобства оформляются отдельными унифицированными документами, а затем для компоновки и сборки всей конструкции детали добавляются в файл \Сборка\ (рисунок 4.1).

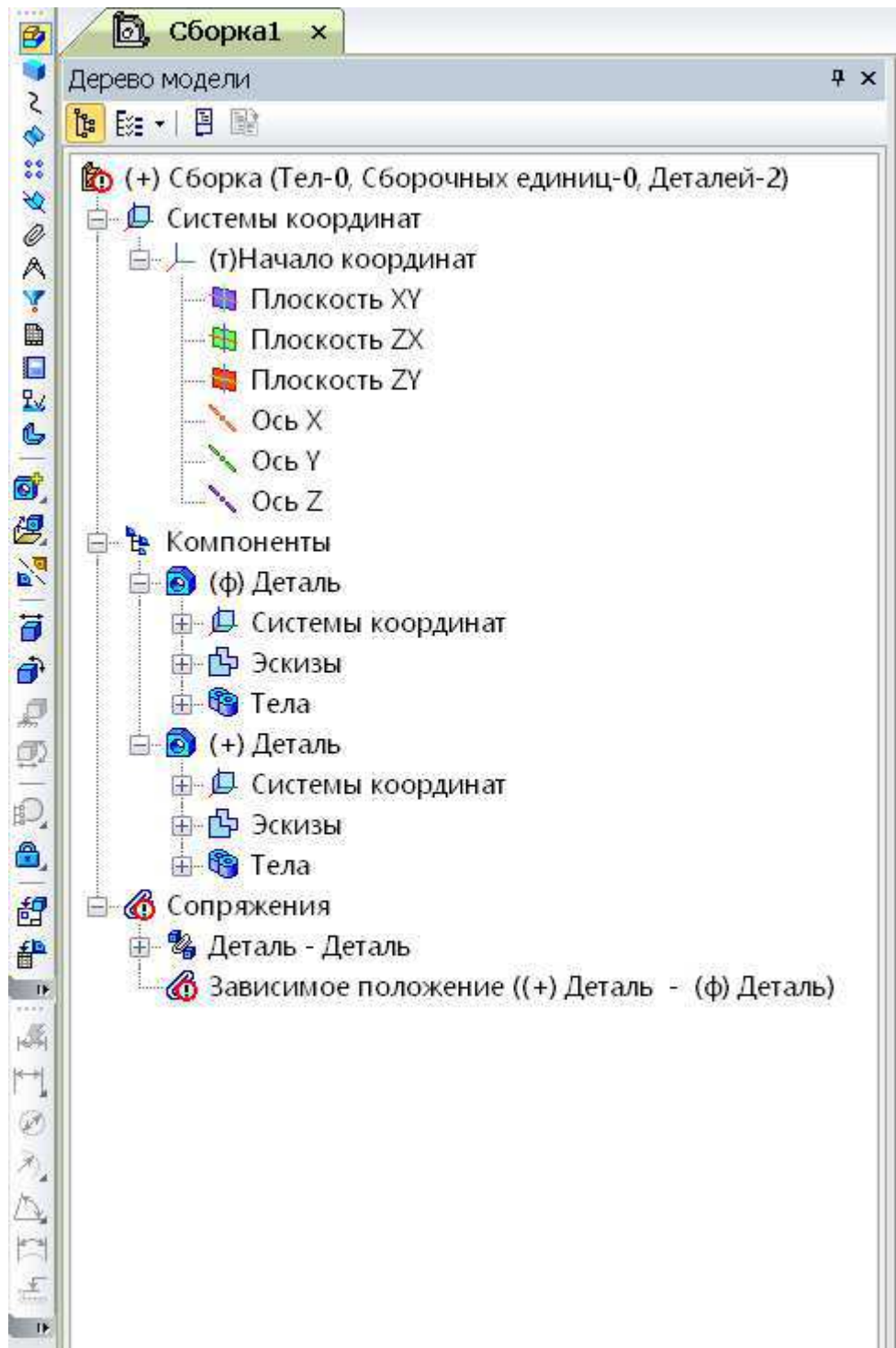


Рисунок 4.1 – Сборка

При выполнении сборочного чертежа обычно применяются разрезы и сечения, раскрывающие форму и расположение деталей, входящих в изделие. Правила выполнения видов, разрезов, сечений на сборочных чертежах те же, что и для обычных чертежей. В основной надписи сборочного чертежа к шифру

добавляется «СБ», а ниже названия узла добавляется текст – «Сборочный чертеж».

На сборочном чертеже все составные части узла нумеруются. Номера позиций наносят на линиях полук-выносок, проводимых от изображений составных частей. Линии-выноски пересекают контур изображения и заканчиваются точкой. Линии-выноски не должны пересекаться между собой, не должны быть параллельны штриховке, не пересекать размерные линии чертежа.

Сборка в системе КОМПАС-3D – это трехмерная модель, объединяющая модели деталей, входящих в узел. Конструктор собирает узел, добавляя в него новые компоненты или удаляя существующие.

Таким образом, трехмерная модель «Компас – 3D» состоит из деталей, сборок и чертежей. Детали, сборки и чертежи отражают одну и ту же модель в разных документах. Любые изменения, вносимые в модель в одном документе, автоматически отражаются в других документах, содержащих эту модель. Взаимосвязь между деталями, сборками и чертежами гарантирует автоматическую корректировку всех взаимосвязанных элементов модели.

5 СОСТАВЛЕНИЕ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ СТАНКА С ЧПУ

Разработка управляющей программы изготовления клина для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода производится в программе технологической подготовки производства ArtCAM v.12. Для этого необходимо запустить программу и создать новую заготовку с параметрами, указанными на рисунке 5.1.

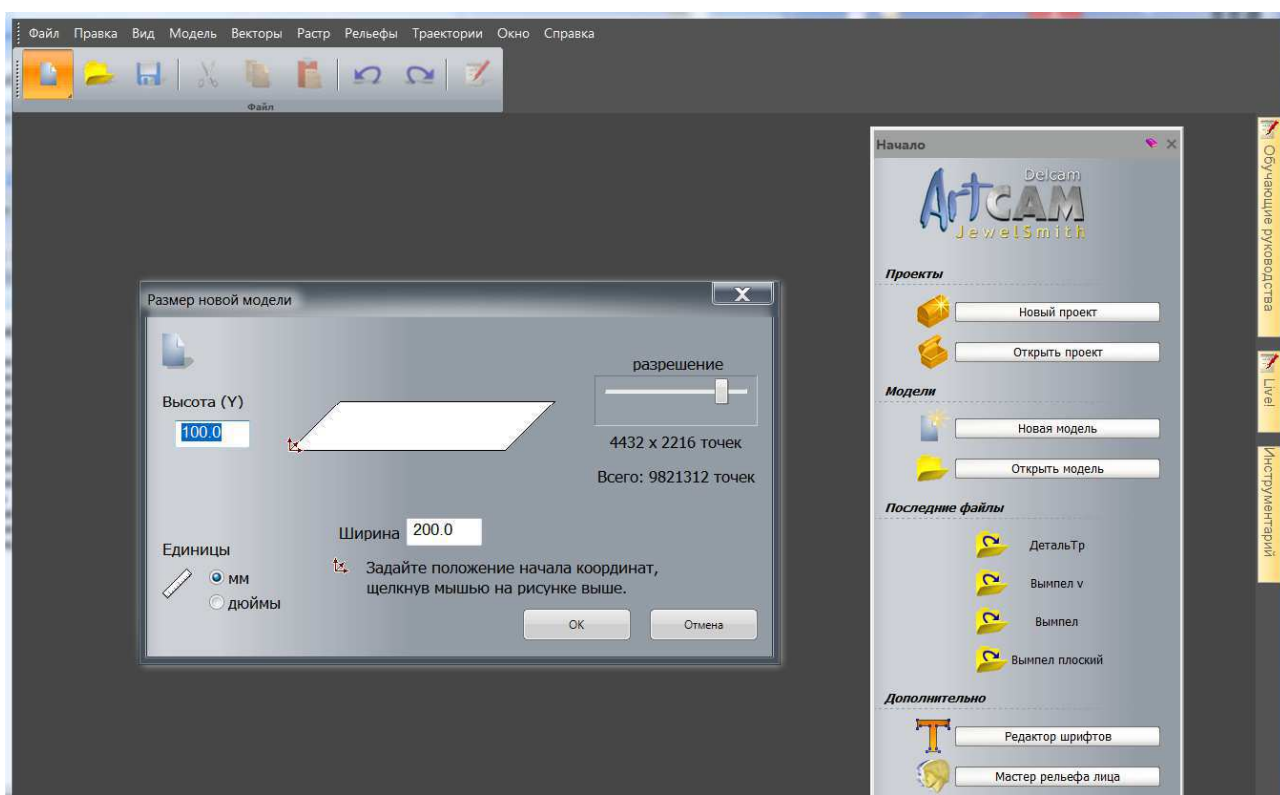


Рис. 5.1 – Окно создания новой модели

Затем импортируем твердотельную модель, предварительно сохранённую в CAD-системе в формате.STL, используя меню «Рельефы», пункт «Импорт 3D модели...». При вставке, модель ориентируем по центру новой заготовки, изменяя параметры вставки в окне «Вставка 3D Модели», рисунок 5.2. В результате получим объёмную модель, которая должна располагаться по центру заготовки, причём между краями модели и заготовки должен запас свободного про-

странства, для работы фрезы.

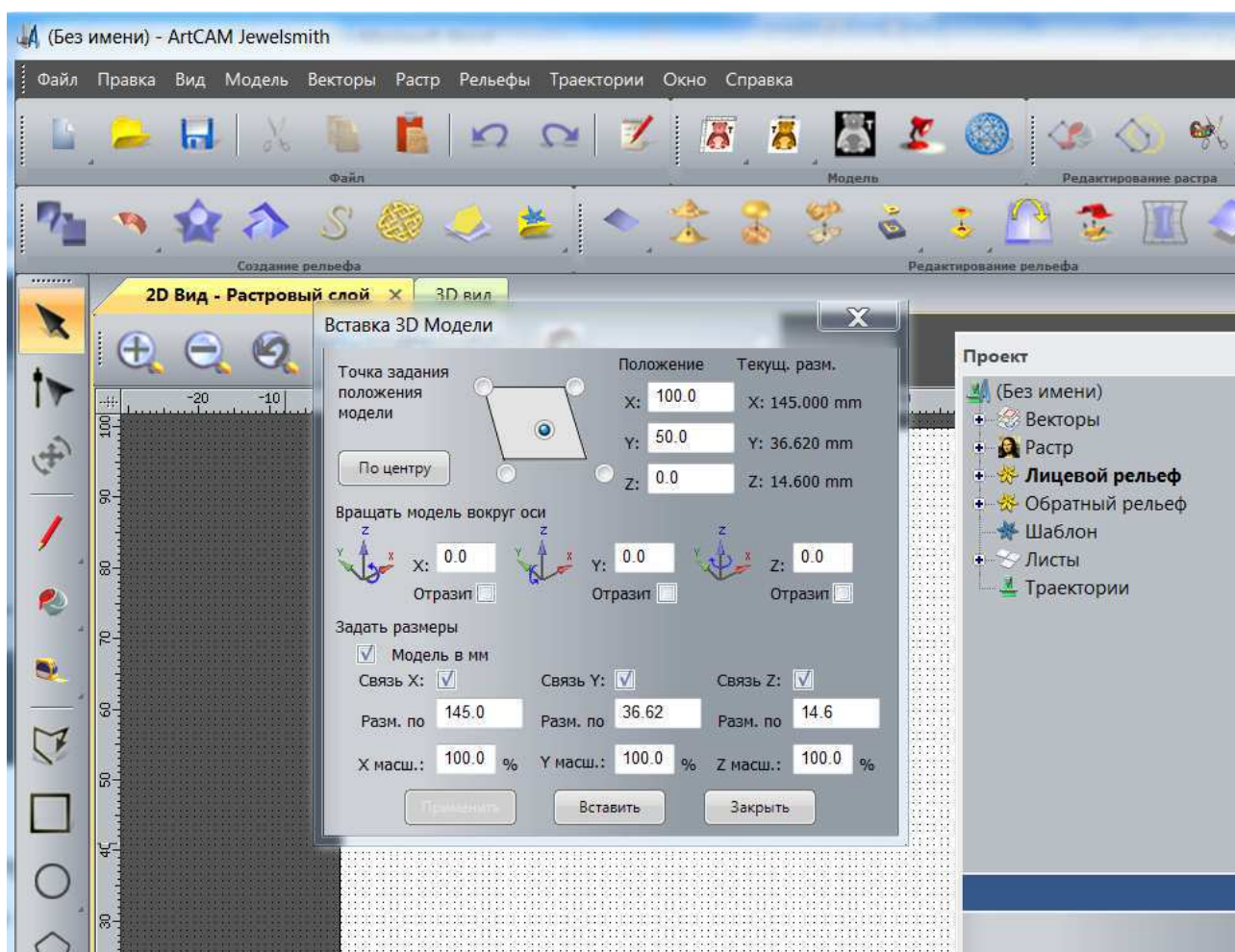


Рис. 5.2 – Окно «Вставка 3D Модели»

Для удобства дальнейшей работы создаём полутоновое изображение модели с помощью меню «Модель», пункт «Создать полутоновое изображение», рисунок 5.3.

Обработка заготовки будет состоять из трёх этапов: грубая обработка, чистовая обработка и обрезка. Для каждого этапа обработки в 2D-окне укажем ограничивающие зоны. С помощью инструмента прямоугольник создадим эти зоны, рисунок 5.4. Разделение заготовки на зоны позволяет использовать разные управляющие программы отличающиеся стратегией обработки и режущим инструментом, учитывать технологичность изготовления деталей.

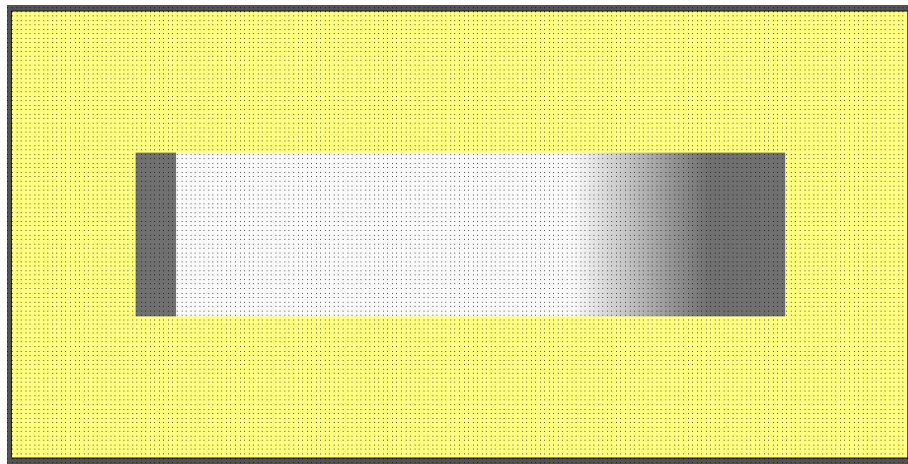
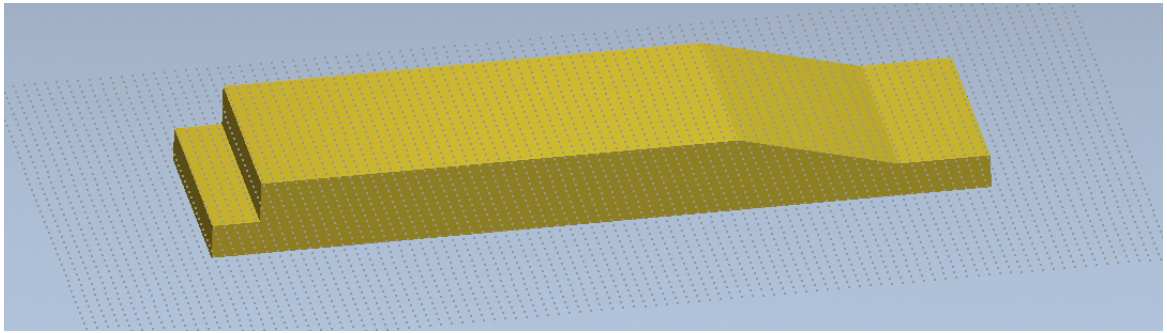


Рис. 5.3 – Создание полутонового изображения в окне 2D-вида

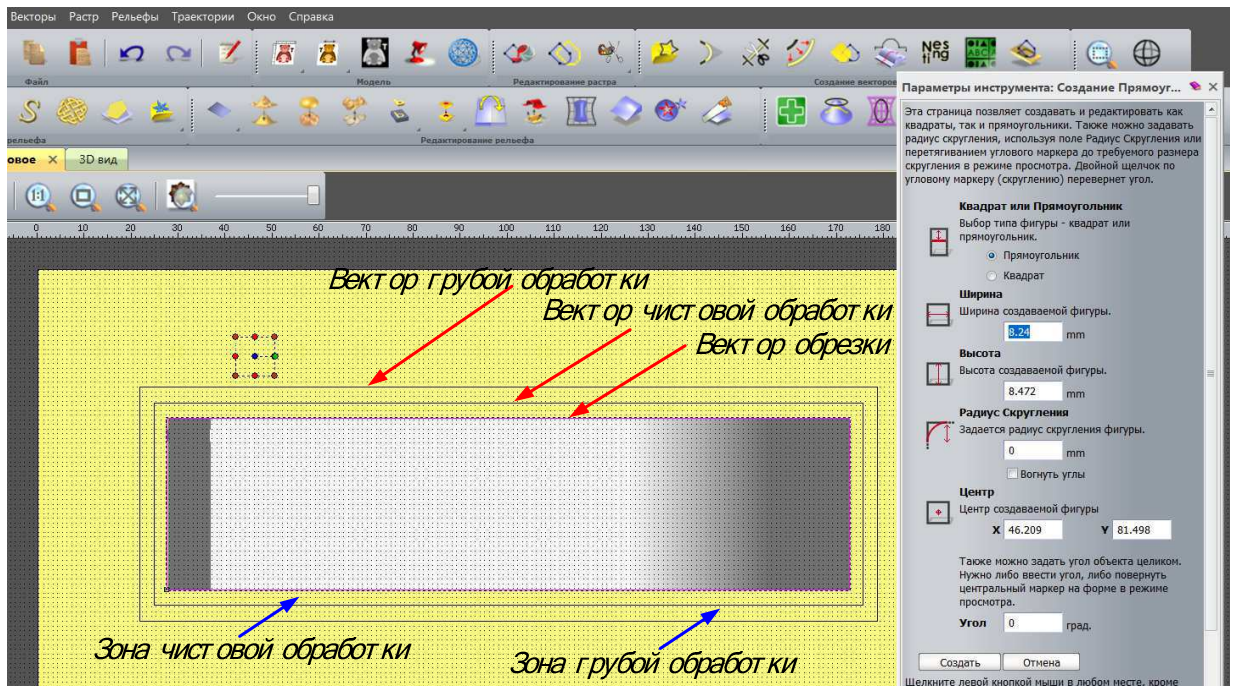


Рис. 5.4 – Создание зон обработки

5.1 Управляющая программа черновой обработки

Первая управляющая программа создаётся для первой грубой обработки концевой спиральной двухзаходной с удалением стружки вверх фрезой Dجتol 2LX425. Диаметр хвостовика $D=4$ мм, двухзаходная, диаметр режущей части $d=4$ мм и длина режущей части $l=25$ мм, длина фрезы $L=50$ мм. Фреза изготовлена из мелкозернистого твёрдого сплава и предназначена для обработки дерева, пластика и мягких металлов, рисунок 5.5.



Рис. 5.5 – Фреза Dجتol 2LX425

В окне 2D-вида выделяем вектор грубой обработки и в меню «Траектории» выбираем пункт «Создать траекторию черновой по Z». В появившемся окне выбираем черновой инструмент, задаём его параметры и режимы работы, рисунок 5.6.

Field	Value
Описание	Фреза 2LX425
Тип Инструмента	Концевая
Номер	1
Единицы	мм
Подача	мм/сек
Диаметр (D)	4.0
Шаг по Z	2.0
Финишное смещение	2.0
Шаг (величина, % от D)	2.0 (50)
Частота вращения (об/мин)	18000
Рабочая подача (мм/сек)	35.0
Подача врезания (мм/сек)	7.0

Рис. 5.6 – Окно редактирования параметров инструмента

Далее определяем параметры заготовки и положение 0 (ноль) по оси Z заготовки, рисунок 5.7.

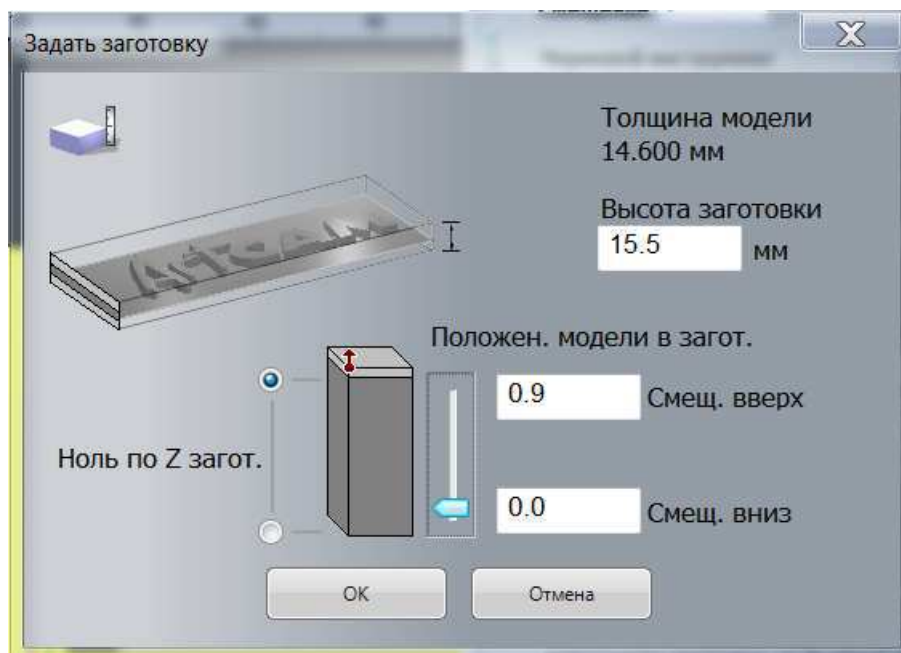


Рис. 5.7 – Окно определения параметров заготовки

Задаем припуск при черновой обработке – 0,5 мм, программа рассчитывает количество слоёв (проходов фрезы) и их толщину, Рисунок 5.8



Рис. 5.8 – Расчёт числа проходов фрезы

Указываем плоскость безопасности, то есть, минимальную величину по оси Z от самого верхнего края заготовки до фрезы – 10 мм. Назначаем стратегию черновой обработки – растр и записываем имя первой управляющей программы – 1grubo, запускаем вычисление УП, рисунок 5.9.

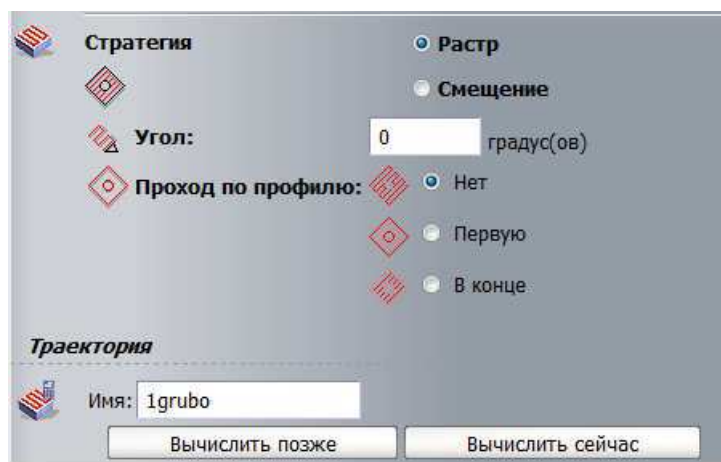


Рис. 5.9 – Выбор стратегии

Затем, используя режим имитации управляющей программы, визуально проверяем результаты черновой обработки, рисунок 5.10 и выводим сводку о траектории, рисунок 5.11.

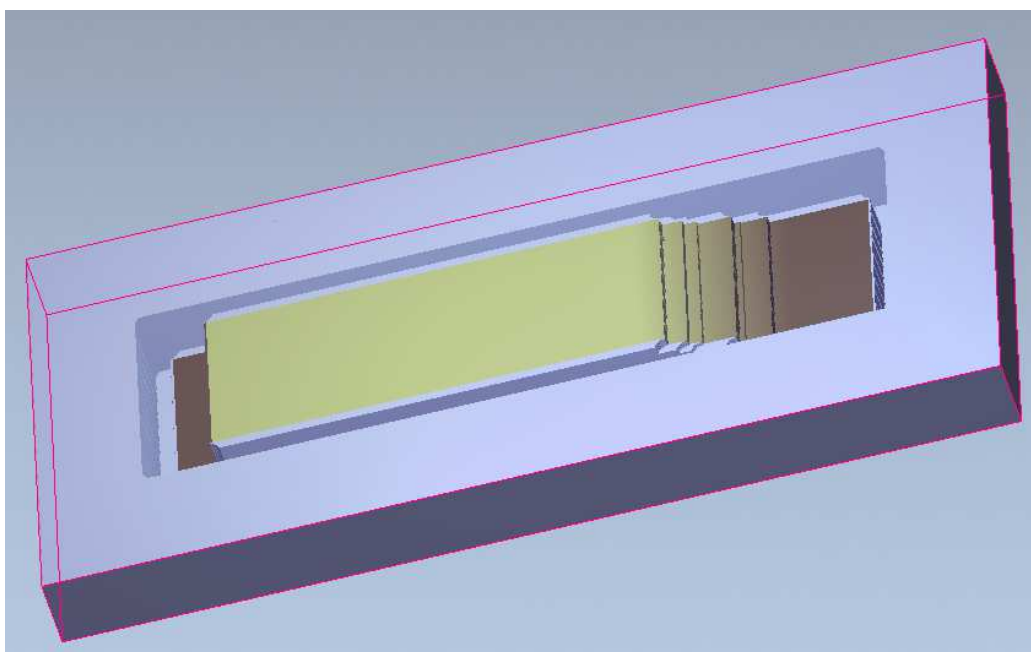


Рис. 5.10 – Результаты имитации черновой обработки

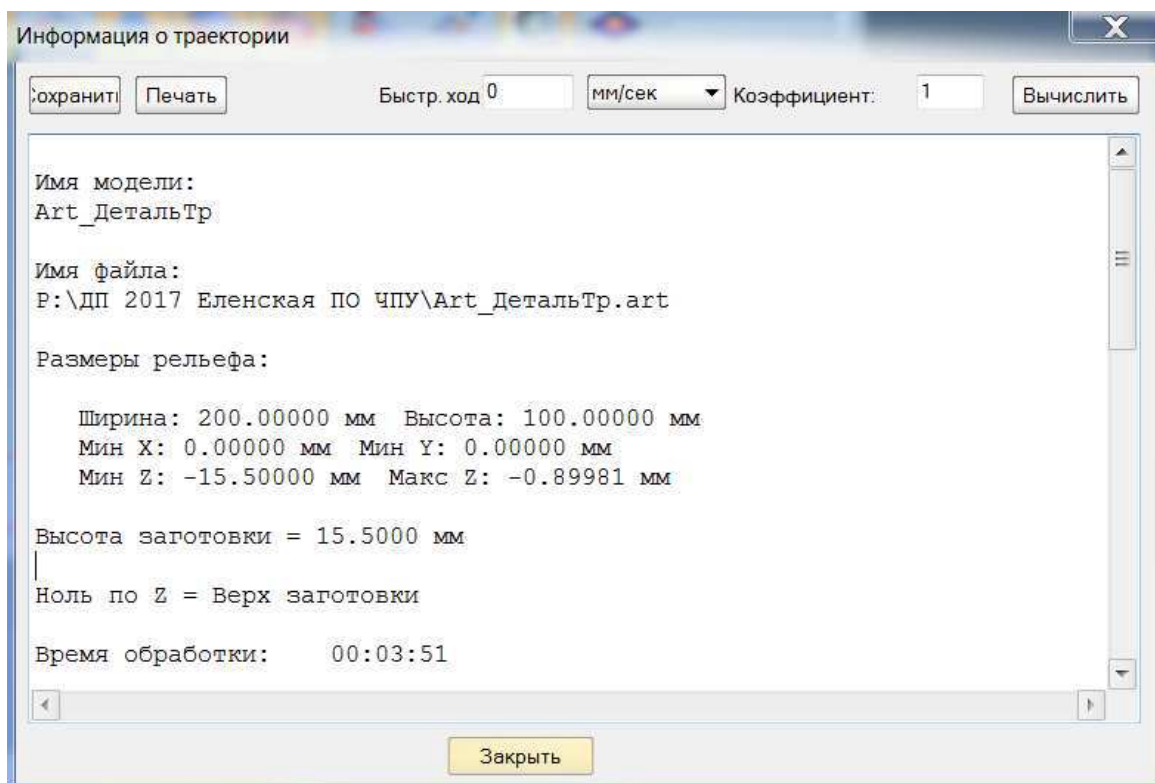


Рис. 5.11 – Сводка о траектории

5.2 Управляющая программа чистовой обработки

Создание управляющей программа чистовой обработки начинается с выделения вектора чистовой обработки и перехода в раздел «Создать траектории обработки рельефа» в окне «Траектории», раздел 3Dтраектории, рисунок 5.12

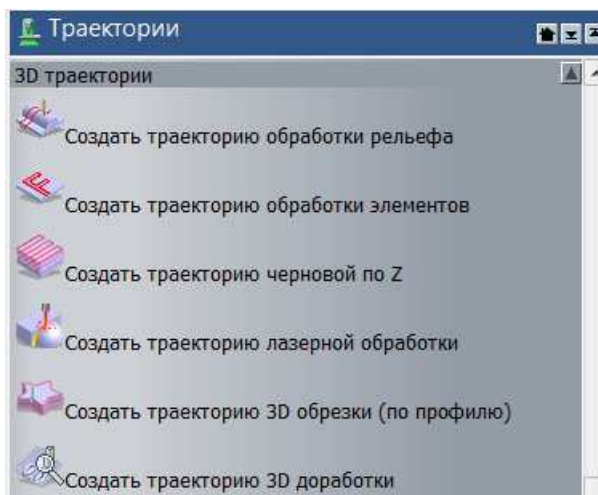


Рис. 5.12 – Окно выбора траекторий обработки

Вторая управляющая программа, чистовой обработки, рассчитывается

для конической круглой фрезы типа KN2QXJ61020 предназначенной для 3D обработки дерева, пластика, латуни, алюминия и стали, рисунок 5.13.

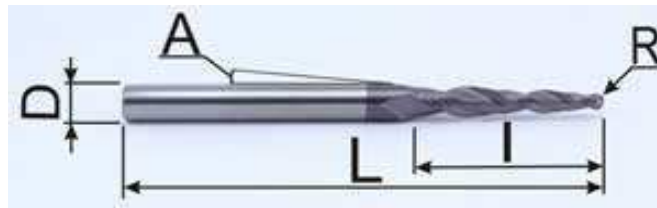


Рис. 5.13 – Фреза KN2QXJ61020

Данная фреза изготовлена из мелкозернистого твёрдого сплава K200 с покрытием AlTiN имеет сферический торец режущей части, за счёт чего позволяет получить поверхность с меньшей шероховатостью. Обработки дерева такой фрезой позволяет получить поверхность полированной не требующей дополнительной доработки. Характеристики фрезы следующие:

- диаметр хвостовика $D=6$ мм,
- двухзаходная;
- радиуссферической части $R=0,5$ мм;
- длина режущей части $l=20$ мм;
- длина фреза $L=50$ мм.

Величина припуска при чистовой обработке – 0,0 мм.

Имя управляющей программы задаём – 2chisto, запускаем вычисление, осуществляем имитацию УП и визуально проверяем результаты чистовой обработки, рисунок 5.14. Выводим сводку о работе чистовой управляющей программы:

Размеры рельефа:
Ширина: 200.00000 мм Высота: 100.00000 мм
Мин X: 0.00000 мм Мин Y: 0.00000 мм
Мин Z: -15.50000 мм Макс Z: -0.89981 мм
Высота заготовки = 15.5000 мм
Ноль по Z = Верх заготовки
2chisto – Фреза KN2QXJ61020 Чистовая
Инструмент: [2] 7.3 градус радиус конической фрезы,
радиус скругления 0.500 мм
Рабочая подача: 16.000 мм/сек

Мин. оптимальной подачи:16.000 мм/сек
Макс. оптимальной подачи:16.000 мм/сек
Подача врезания: 3.000 мм/сек
Высота безопасности по Z:10.000 мм
Частота вращения 14000 об/мин
Шаг: 0.100 мм
Точность: 0.025 мм
Припуск: 0.000 мм
Точка возврата: X:0.000 Y:0.000 Z:10.000
Комментарии: 2chisto
Длина рабочей подачи:72460.8 мм
Длина подачи врезания:26 мм
Длина быстрых перемещений:101 мм
Время обработки: 01:15:43
Время оптимальной подачи:01:15:43
Время обработки определялось по быстрым перемещениям
0.000 мм/сек и коэффициенту 1.00.

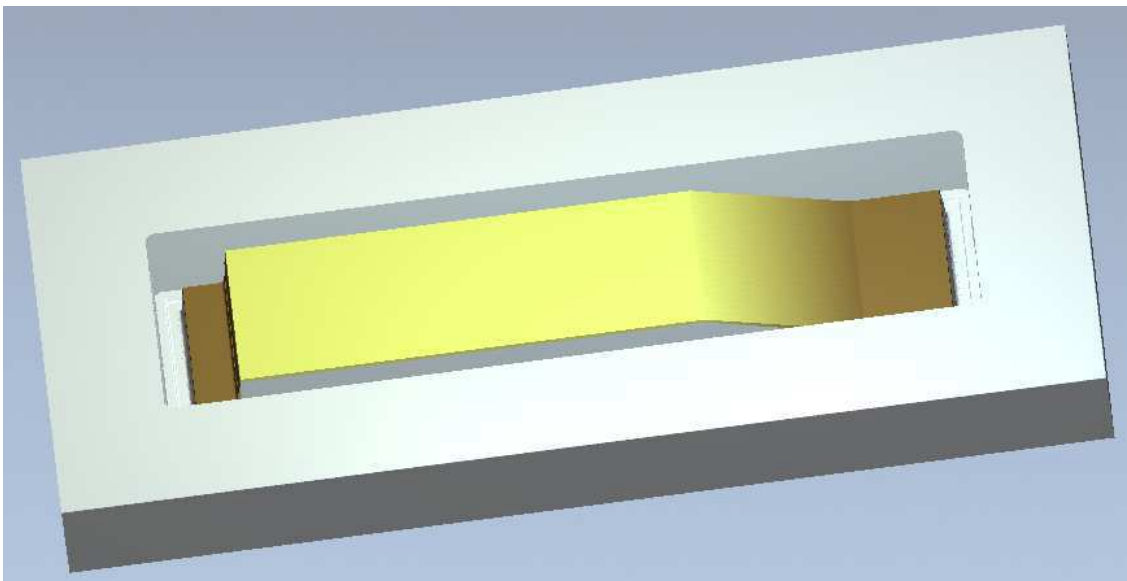


Рис. 5.14 – Результаты чистовой обработки

5.3 Управляющая программа обрезки по контуру

Третьим этапом является обрезка по контуру, которая позволяет отделить деталь от заготовки. Создание управляющей программы производится с помощью пункт «Создать траекторию обработки по профилю», окна «Траектории». Для того чтобы при вырезании деталь не сместилась в параметрах траектории указывается добавление перемычек в данном случае 6 штук, рисунок 5.15.

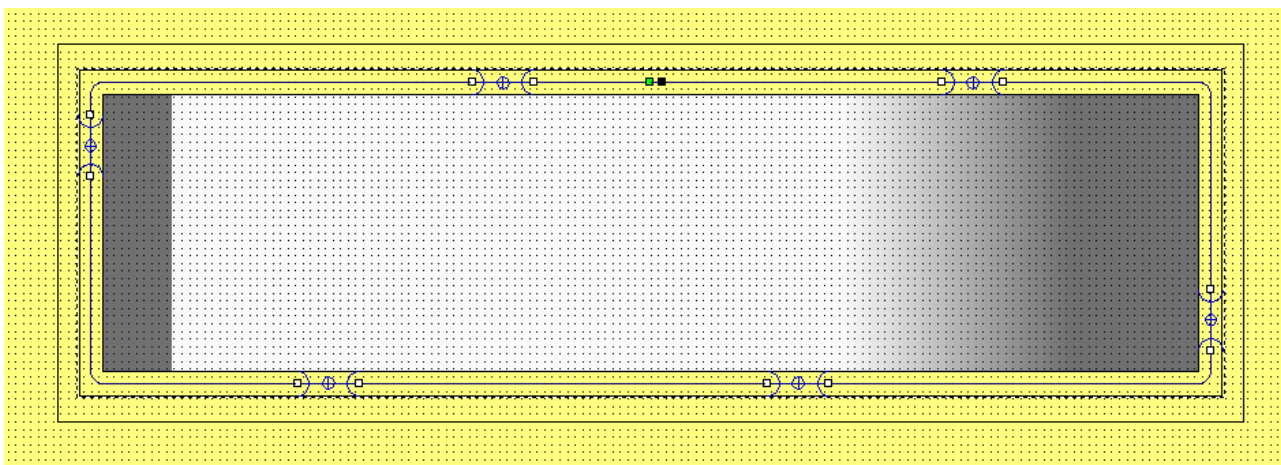


Рис. 5.15 – Добавление перемычек к профилю

Затем, проводим имитацию и визуализацию траектории, рисунок 5.16.

Перемычки препятствуют выносу детали

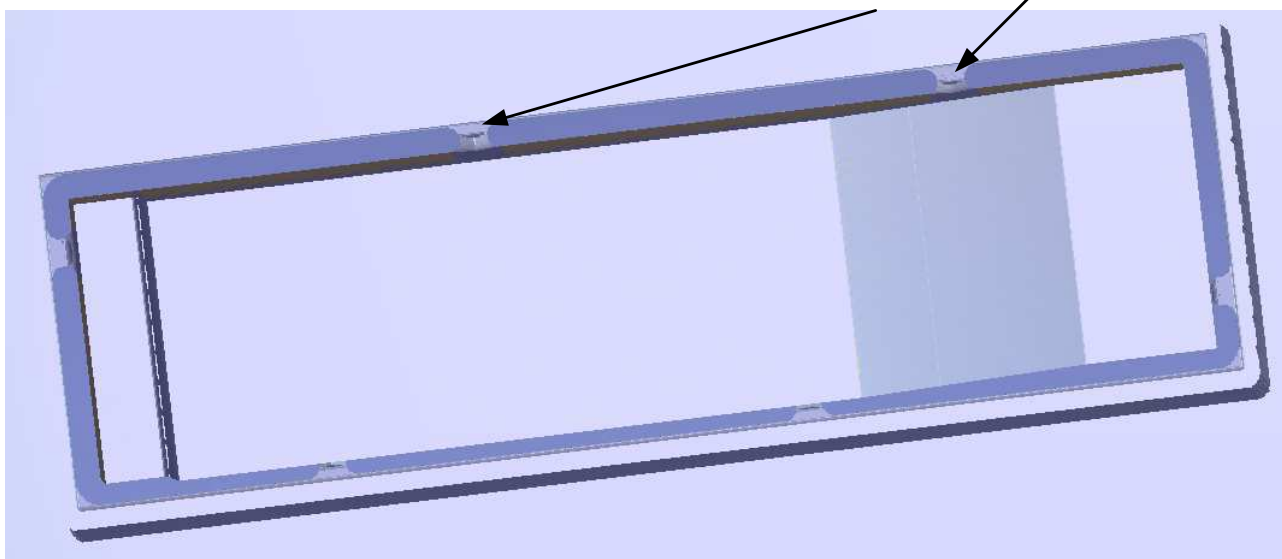


Рис. 5.16 – Расположение перемычек вокруг контура детали

Итак, созданы три управляющие программы, чтобы их передать на фрезерный станок с ЧПУ надо предварительно каждую программу сохранить под своим именем. Причём при сохранении программ в формате .CNC в параметрах выходного файла нужно указать, соответствующий используемому станку, постпроцессор, рисунок 5.17. Полученная таким образом программа представляет собой текстовый файл, в котором записаны команды G-кода.

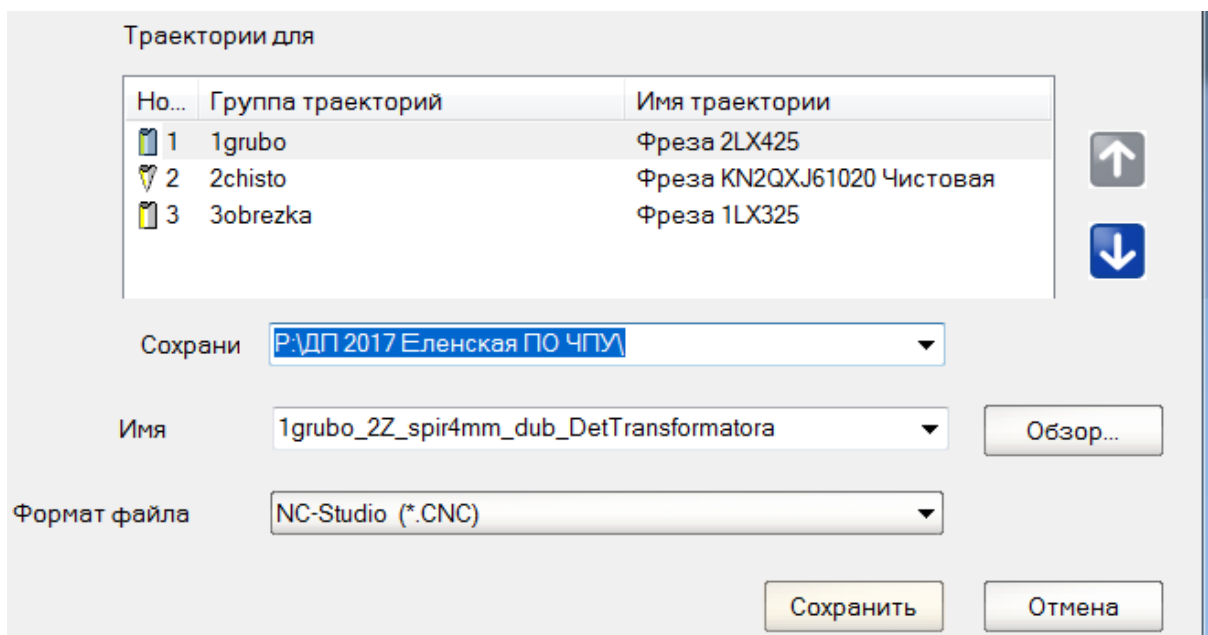


Рис. 5.17 – Сохранение управляющих программ

Файл УП редактируется и просматривается в блокноте Windows или другом текстовом редакторе. Фрагмент управляющей программы 1grubo:

```

%
T1M6
G0Z10.000
G0X0.000Y0.000S18000M3
G0X23.973Y27.447Z10.000
G1Z-1.869F420.0
G1X156.206Y27.447F2100.0
X176.038Y27.448
X176.037Y29.397
X130.955Y29.397
X131.216Y29.490
X131.622Y29.625
X131.961Y29.806
.....
X26.681Y29.355

```

X26.797Y29.318

X23.973Y29.318

G0Z10.000

G0X0.000Y0.000

G0Z10.000

G0X0Y0

M30

При сохранении управляющей программы использовался постпроцессор NC-Studio, который представляет G-код для станков ЧПУ работающих с интерфейсной платой NC-Studio и программой управления NC-Studio v.5.6.

6 ЖИЗНЕННЫЙ ЦИКЛ ИЗДЕЛИЯ

6.1 Этапы жизненного цикла

Все производство может быть поделено на:

- дискретное,
- непрерывное.

Изготовление продукта, которое проводится через конечное число технологических и сборочных операций, понимается как дискретное производство.

Непрерывное производство подразумевает изготовление продукта, претерпевающего непрерывные изменения, например, в ходе химических реакций, в результате которых заготовка преобразуется в готовую деталь.

Рассмотрим более подробно дискретное производство, а конкретнее – механическую обработку, которая является типичным методом изготовления деталей.

Главные этапы такого процесса представлены в схеме на рисунке 6.1.



Рисунок 6.1 – Главные этапы дискретного производства

При передаче готового проекта в производственный отдел, инженером-технологом преобразуются описания деталей и устройств в технологические инструкции. Такие инструкции содержат подробное описание процессов, необходимых для превращения необработанных заготовок в готовые детали, а также последующие операции сборки этих деталей в конечный продукт.

В общем, процедура заключается в сопоставлении требований к деталям и имеющихся производственных мощностей. Оператор должен интерпретиро-

вать инженерно-техническую документацию, принимать решения о том, как разрезать листы и собирать детали, определять порядок выполнения операций, выбирать инструмент, станки и крепеж и решать другие подобные задачи. Наличие готового плана для аналогичного продукта значительно упрощает задачу. Поэтому похожие детали обычно группируются в семейства, что позволяет использовать концепцию групповой обработки.

После завершения фазы технологической подготовки начинается реальное производство детали в соответствии с инструкциями, подготовленными на предыдущем этапе. Если для обработки детали используются станки с ЧПУ, оператор станка должен написать соответствующую программу. Существует множество программных средств, позволяющих создать программу для станка с ЧПУ непосредственно по базе данных системы автоматизированного проектирования. Готовые детали проверяются в соответствии с разработанными стандартами качества. Прошедшие проверку детали собираются, упаковываются, помечаются и отправляются заказчикам.

Из чего следует, что технологическая подготовка является своего рода интерфейсом между проектированием и производством. Интеграция средств проектирования и производства не будет завершена до тех пор, пока технологическая подготовка не будет автоматизирована. В последующих разделах мы рассмотрим этапы технологической подготовки и возможности их автоматизации.

3D – модели могут создаваться на различных этапах жизненного цикла изделия (ЖЦИ).

Этапы жизненного цикла изделия приведены на рисунке 6.2. Здесь этапы жизненного цикла изделия представлены как единая база данных о продукте (изделии), содержащая различные виды 3D – моделей.

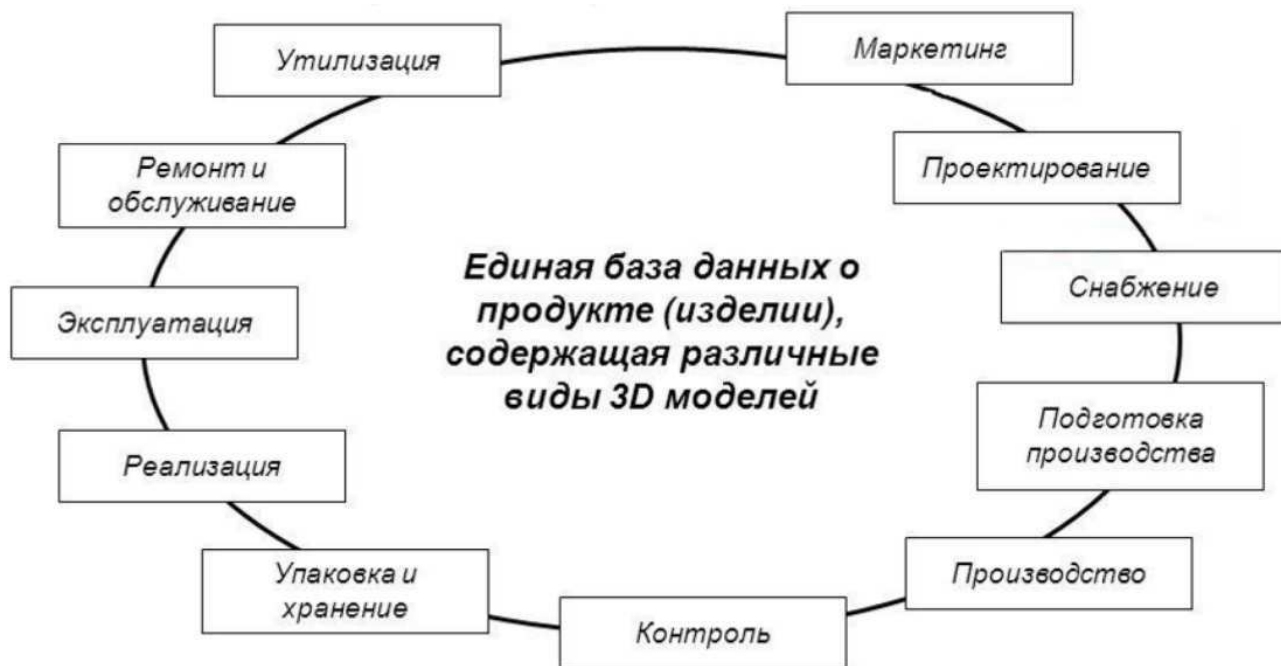


Рисунок 6.2 – Этапы жизненного цикла изделия

Этапы жизненного цикла изделия представлены в графической части выпускной квалификационной работы на листе 5ВКР.134199.15.03.04.

6.2 Автоматизация управления этапами жизненного цикла

Модель – это некоторое приближение, описывающее с той или иной точностью реальные свойства заданного объекта или процесса.

Под 3D – моделью понимают его пространственную (трехмерную) компьютерную геометрическую модель, которая может включать в себя также набор атрибутов, описывающих объект.

Классификация моделей изделия представлена на рисунке 6.3.

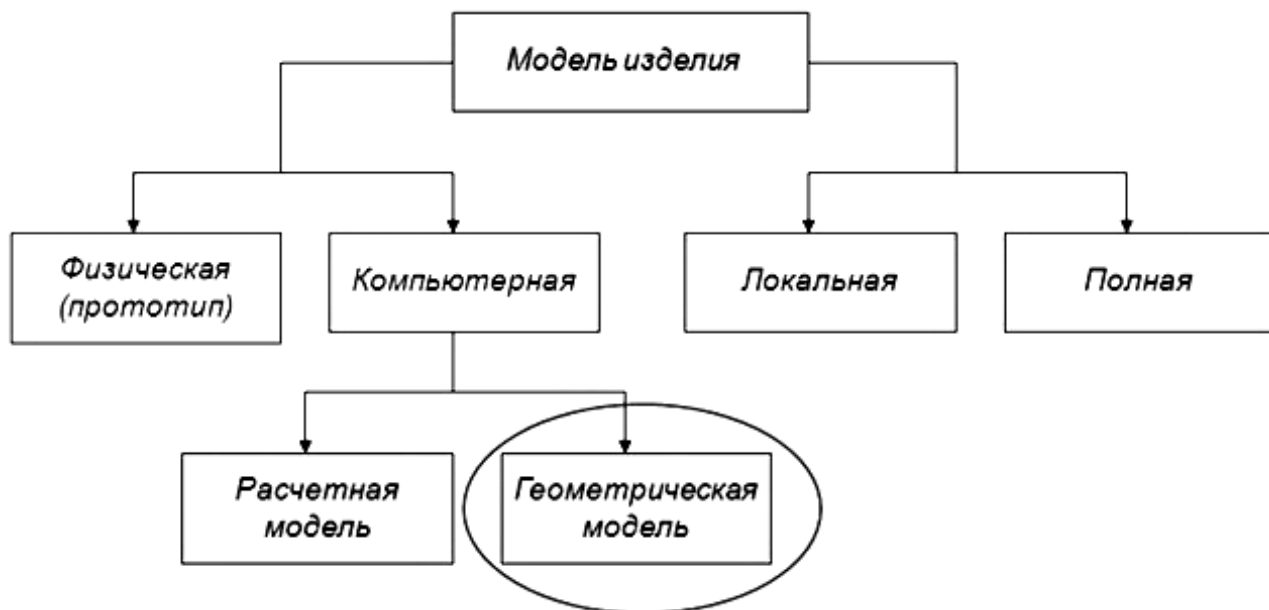


Рисунок 6.3 – Модели объектов и процессов

На рисунке 6.3 выделена геометрическая модель, так как в данной выпускной квалификационной работе имеет место построение компьютерной геометрической модели.

6.2.1 Системы автоматизированной логистики

Систему автоматизированной логистики можно представить, как четко последовательные этапы жизненного цикла.

Система автоматизированной логистики приведена на рисунках 6.4 и 6.5.

Концептуальное проектирование, включает в себя формирование технических требований, а так же поиск и выбор концептуальных решений. Концептуальное проектирование создает базис для реализации рабочего проектирования. Рабочее проектирование в общем смысле это конкретизация концептуальных решений, непосредственное определение состава деталей и узлов, последующее уточнение геометрических размеров, а так же выбор материалов и составление конструкторской документации.

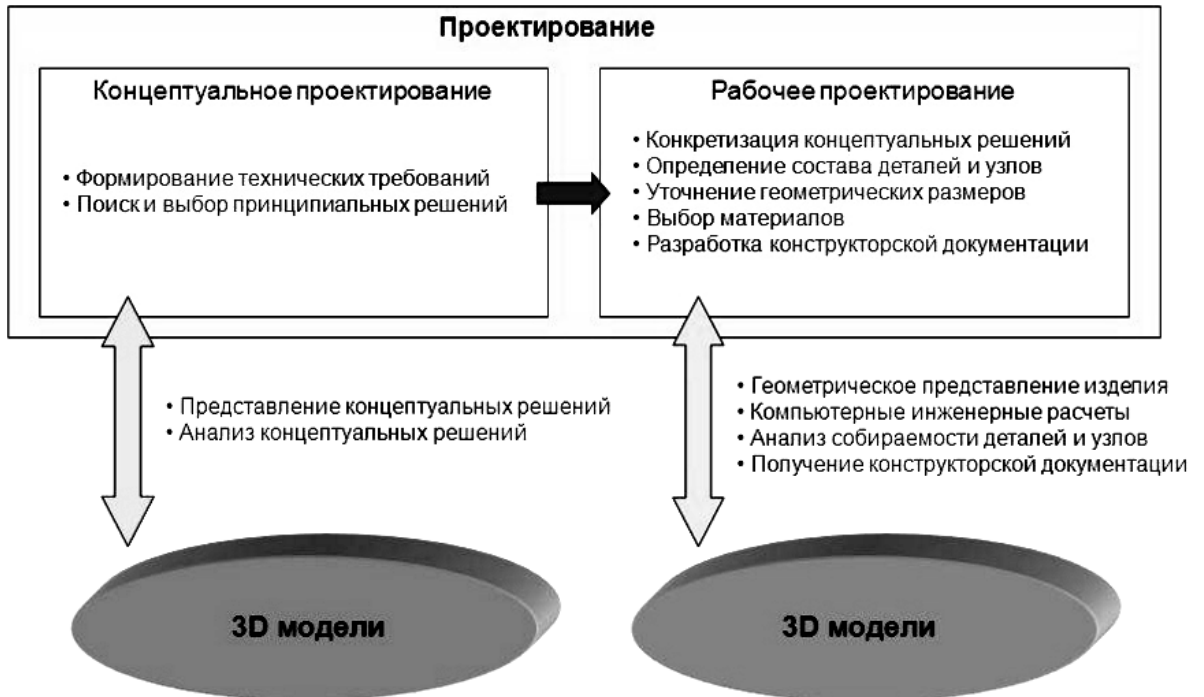


Рисунок 6.4 – Система автоматизированной логистики на этапе проектирования



Рисунок 6.4 – Система автоматизированной логистики на этапе технологической подготовки производства

Этап производства сопровождается:

- Планированием процессов производства изделия и необходимых для них ресурсов.
- Оптимизацией состава производственных ресурсов и процесса сборки изделия путем реалистичной имитации и оценки производственного процесса.
- Моделированием роботизированных линий сборки и сварки с большим числом роботизированных ячеек.
- Реально-временной поддержкой персонала, принимающего участие в производственном процессе.
- Учетом человеческого фактора при производстве сложных изделий путем использования моделей человека (манекенов) и имитационного моделирования производственных процессов.

Постпроизводственные этапы жизненного цикла изделия включают в себя следующие этапы:

- эксплуатация,
- ремонт,
- утилизация.

3D – модели могут использоваться для создания так называемых интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР).

Задачи, решаемые с помощью ИЭТР:

- обеспечение пользователя справочными материалами об устройстве и принципах работы изделия;
- обеспечение пользователя справочными материалами, необходимыми для эксплуатации изделия, выполнения регламентных работ и ремонта изделия;
- обеспечение пользователя информацией о технологии выполнения операций с изделием, о потребности в необходимых инструментах и материа-

лах, о составе персонала;

- подготовка и реализация автоматизированного заказа материалов и запасных частей;
- планирование и учет проведения регламентных работ;
- обмен данными между потребителем и поставщиком.

6.3 Эксплуатация станков с ЧПУ

Основные правила эксплуатации станков с ЧПУ такие же, как и металло-режущих станков без ЧПУ, поэтому рассмотрим только отличительные особенности эксплуатации станков с ЧПУ.

Устройство помещений.

Станки с ЧПУ классов точности Н и П устанавливают в общих помещениях механических цехов, а станки классов точности В и А – в изолированных помещениях. Нормальная температура воздуха в помещении должна быть 20°. Допустимые пределы колебания температуры представлены в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Допустимые пределы колебания температуры

Класс точности станка с ЧПУ	Н,П	В	А
Допустимые колебания температуры, °С	±5	±2	±0,5

Помещения, где установлены станки с ЧПУ, должны освещаться лампами дневного света.

Окна в помещениях для прецизионных станков с ЧПУ следует располагать так, чтобы на станки не падал прямой солнечный свет.

Распаковку станков и устройств ЧПУ производят в соответствии с указаниями завода-изготовителя. Устройства ЧПУ следует извлекать из ящиков в помещении с температурой +20 °С, где в зимнее время они должны находиться не менее суток до распаковки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы выявлено, что системы автоматизированного проектирования позволяют осуществлять конструкторские разработки в двух основополагающих направлениях.

Первое направление основывается на двухмерной геометрической модели и использовании программного обеспечения 2D-графики ускоряющей конструирование машиностроительных изделий и улучшающее качество оформления конструкторских документов. Основным подход в конструировании заключается в создании чертежа, который содержит всю необходимую графическую информацию для изготовления какого-либо изделия. В данном проекте для создания электронной модели изделия была использована САD-система «КОМПАС». Типичная система 2D моделирования.

В основе второго направления лежит пространственная геометрическая модель изделия, которая является более наглядным способом представления оригинала и более мощным и удобным инструментом решения геометрических задач. Чертеж в этих условиях играет вспомогательную роль, а способы его создания основаны на методах компьютерной графики. Для иллюстрации второго направления, 3D моделирования, была использована САD/САМ система «ArtCAM».

Кроме того, в работе были решены следующие задачи:

- проведен анализ возможностей и составных частей систем САD, САМ, CNC;
- выбрана и проанализирована работа систем проектирования и технологической подготовки к производству;
- разработана электронная модель детали «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода силового трансформатора в САD-системе «КОМПАС» и САD/САМ-системе «ArtCAM»;
- показана технологическая подготовка к производству, выбор заготовки,

режущего инструмента, способы закрепления на рабочем столе и т.п.;

- созданы управляющие программы: черной, чистовой обработки и об-
резки детали на фрезерном станке с ЧПУ;

- проведена имитация и визуализация управляющих программ;

- средствами постпроцессора в среде ArtCAMсгенерирован G-код для
станка с ЧПУ обрудованного платой NC-Studio.

- проведен анализ этапов жизненного цикла изделия.

В заключение выполнена пояснительная записка и графическая часть, со-
держащая 6 листов формата А1.

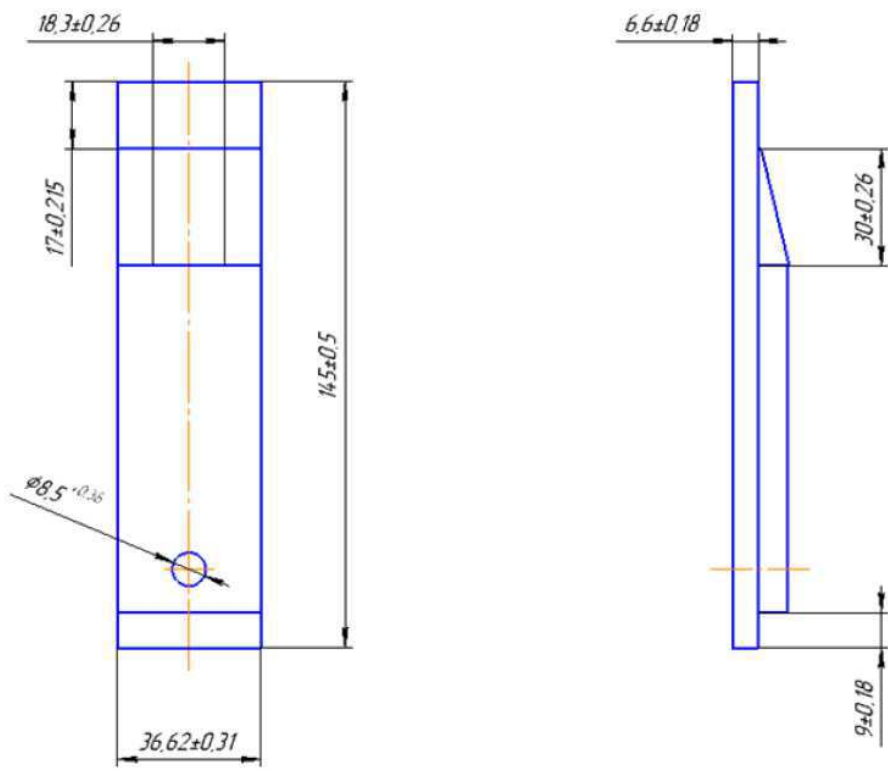
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Стандарт ИСО 9004-1-94. Управление качеством и элементы системы качества;
2. ГОСТ 16504–81. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения;
3. ГОСТ 24851–81. Калибры гладких для цилиндрических отверстий и валов;
4. ГОСТ Р ИСО 230-1-2010 Испытания станков. Часть 1. Методы измерения геометрических параметров;
5. ИСО 1938–71. Допуски и посадки по системе ИСО. Часть 2. Контроль гладких деталей;
6. ГОСТ 4.446-86 Система показателей качества продукции. Средства измерения и контроля линейных и угловых размеров в машиностроении. Номенклатура показателей;
7. РМГ 29–99. Рекомендации по межгосударственной стандартизации. Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения;
8. Сторчак, Н.А., Гегучадзе, В.И., Синьков, А.В. Моделирование трехмерных объектов в среде Компас – 3D: учебное пособие /Сторчак, Н.А. ВолгГТУ, Волгоград, 2006 г. – 216 с.;
9. Зайцев, С.А., Грибанов, Д.Д., Толстов, А.Н., Меркулов, Р.В. Контрольно-измерительные приборы и инструменты: учебное пособие /Зайцев, С.А., Грибанов, Д.Д., Толстов, А.Н., Меркулов, Р.В. – М.: Издательский центр «Академия», 2006 г. – 464 с.;
10. Раннев, Г.Г. Методы и средства измерений: учебник для вузов /Раннев, Г.Г., Тарасенко, А.П. . – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006 г. – 336 с.;

11. Харт, Х. Введение в измерительную технику /Харт,Х. пер. с нем. – М.: Мир, 2009 г. – 391 с.;
12. Клюев, В.В. Неразрушающий контроль и диагностика: справочник/ под ред. Клюева, В.В. . – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005 г. – 656 с.;
13. Атамалян, Э.Г. Приборы и методы измерения электрических величин: учебное пособие для втузов/Атамалян, Э. Г. . – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2005 г. – 415 с.;
14. Сергеев, А.Г. Сертификация: учебное пособие для студентов вузов / Сергеев, А.Г. , Латышев, М.В. . – М.: Издательская корпорация «Логос», 2010 г. – 248 с.;
15. [Интернет-ресурс]<http://rustan.ru/stanok-tokarnyi-s-naklonnoi-staninoi-s-chpu-sbl600-750v1-b16n450f3-1.htm>
16. Марченко, А.В. Основы электроники. Учебное пособие для вузов. / Марченко, А.В. – М.: ФОРУМ, 2009 г. – 271с.;
17. Токарный станок с ЧПУ модели Б16Н450Ф3(SBL600-750V1). Руководство по эксплуатации Б16Н450Ф3.000.000.000 РЭ / Богородский машиностроительный завод. – Богородск, 2011 г. – 65 с.;
18. Дивин, А.Г. Методы и средства измерений, испытаний и контроля: учебное пособие. В 5 ч. / Дивин, А.Г., Пономарев, С.В. – Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2011 г. – Часть 1. – 104 с.;
19. [Интернет-ресурс] <http://www.exen.ru>
20. Станки с программным управлением и промышленные роботы: Учебник для машиностроительных техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2007 г. – 320 с.;

21. Лысов, И.А. Оптический метод бесконтактного измерения малых линейных перемещений./Лысов, И.А. Санкт-Петербург: Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. 2006 г. – 170 с.;
22. Титов, В.С. Устройство прогнозирования и управления точностью токарной обработки деталей на оборудовании с ЧПУ: пат. RU 2386519С2 РФ/Титов, В.С., Бобырь, М.В., Сибилева, А.Л. заявл. 2009г. – 458 с.;
23. John G. Webster, The measurement instrumentation and sensors. Handbook. Heidelberg: IEEE Press. /John G. Webster 2007 г.;
24. Ловыгин, А.А. Современный станок с ЧПУ и CAD/CAM система / Ловыгин, А.А., Васильев, А.В. – М, 2006 г. – 286 с.;
25. Герасимова, Л.С., Дейнега, И.А., Пшеничный, Г.И., Чечелюк, Я.З. Технология и механизация производства обмоток и изоляции силовых трансформаторов/ – М, 2009 г. – 382 с.;
26. Решетов, Д.Н. Детали машин. /Решетов, Д.Н. – М.: Машиностроение, 2009 г. – 496 с.;
27. Косилова, А.Г. Справочник технолога-машиностроителя. /Косилова, А.Г. В 2-х т. Т.2. – М.: Машиностроение, 2006 г. – 496 с.;
28. Проников, А.С. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем. /Проников, А.С., Борисов, Е.И. Т.2, ч. 1. МГТУ им. Н.Э. Баумана: Машиностроение, 2005 г. – 371 с.;
29. Эндер, А.Г. Требования композиции и эргономики при проектировании металлорежущих станков. / Эндер, А.Г., Романов, Г.М., Новиков, Н.И. Машиностроение, 2005 г. – 43 с.;

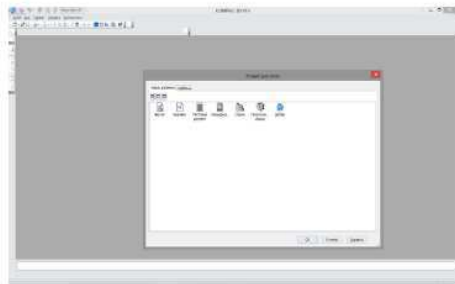
30. Детали и механизмы металлорежущих станков. / Под ред. Решетова, Д.Н. . Т.2 – М., «Машиностроение», 2008 г. – 520 с.;
31. Гжиров, Р.И. Автоматизированное программирование обработки на станках с ЧПУ / Гжиров, Р.И., Обольский, Я.З., Серебrenицкий, П.П. – М.: Лениздат, 2006 г. – 176 с.;
32. Методические указания к лабораторной работе «Системы автоматизации проектирования управляющих программ» / Загидуллин, Р.Р. – Уфа, УГАТУ, 2008 г.



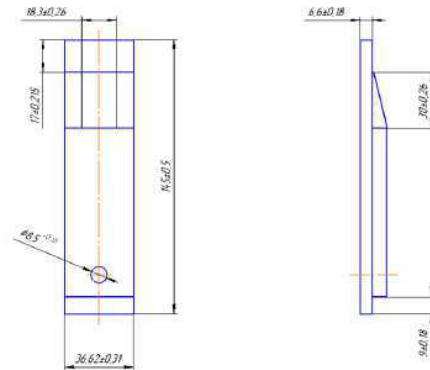
1. *Размеры для справок.
2. Острые кромки притупить R0,3.
3. Маркировать электрохимическим методом.
4. Деталь изготовить из дуба.

				БКР.134.199.15.03.04.СХ			
Имя	Ф.И.О.	Подпись	Дата	Клип для крепления		Лист	Итого
Дизайн	Сметчик			оборудования		11	11
Фабрика	Контроль			Чертеж общего вида			
Разработчик	Контроль						
Одобрено	Сметчик			Разработана прототипом		АнГЧ 20 341 208	
Исполнитель	Сметчик			функционала изделия в ЦОИ			

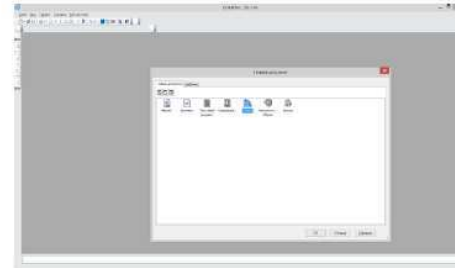
Начало сборки твердотельной модели



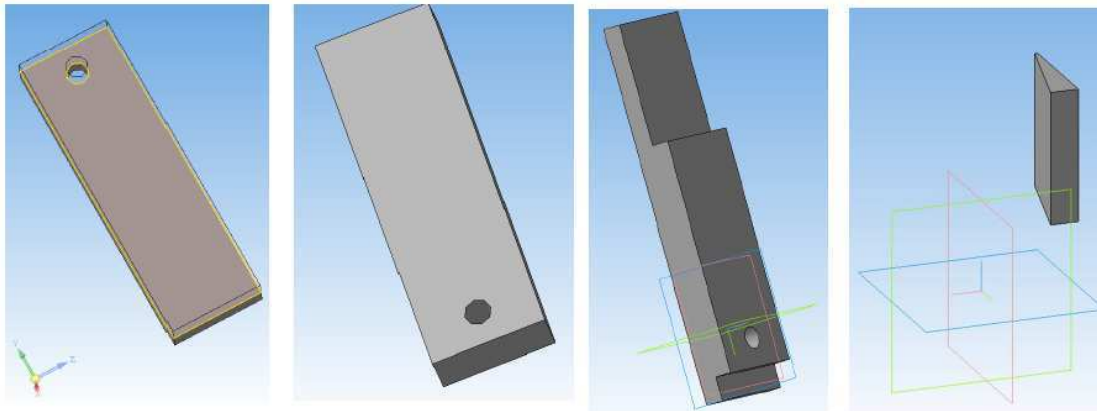
Эскиз клина для раскрепления обмоток в виде чертежа 2D



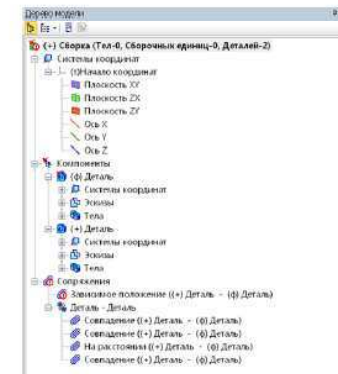
Начало сборки твердотельной модели «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода»



Процедура выдавливания детали твердотельной модели «Клин для раскрепления обмоток на стержне магнитопровода»

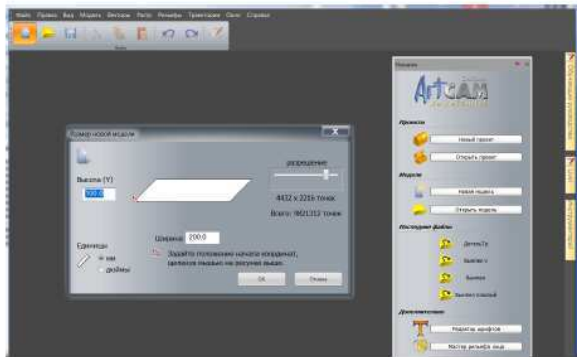


Дерево функций модели сборки детали



				ВКР.134.199.15.03.04.СХ			
Изм.	№	Исполнитель	Дата	Этапы разработки проектной моделирования в системе «Компас-3D»			
Изд.	№	Исполнитель	Дата	Исполн.	Дата	Исполн.	Дата
Изд.	№	Исполнитель	Дата	Разработка проектной документации (с/ч/т)			
Изд.	№	Исполнитель	Дата	Лист № из 343 листов			

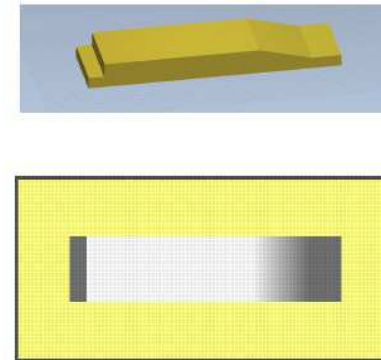
Окно создания новой модели



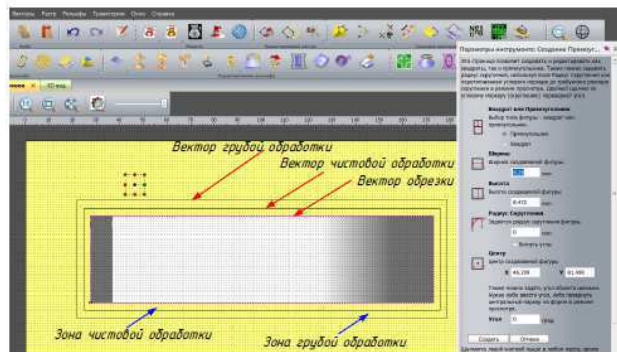
Окно «Вставка 3D Модели»



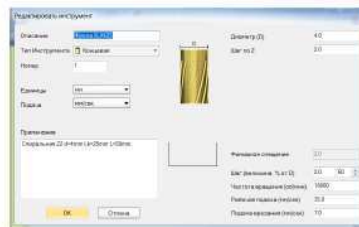
Создание полутонового изображения в окне 2D-вида



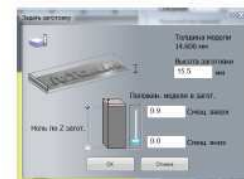
Создание зон обработки



Окно редактирования параметров инструмента



Окно определения параметров заготовки



Расчет числа проходов фрезы



ВКР 134.199.15.03.04.СХ				Итого	Итого
Имя	И.В. Давыдов	Вид	Док.	1	1
Фамилия	Давыдов	Содержание	Составление управляющей программы для станка с ЧПУ	1	1
Имя	И.В. Давыдов	Вид	Док.	1	1
Фамилия	Давыдов	Содержание	Разработка программы для станка с ЧПУ	1	1
Итого				4	4

Разработано программой
версия 3.11.1.0

Лист 1 из 341 лд.