

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальной инженерии»

**ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ**
Заведующий кафедрой
PhD, ассоц. профессор
Арымбеков Б.С.
«_____» 2021 г.

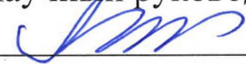
ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Изучение и проектирование ЧПУ станков»

По специальности 5В071200 - Машиностроение

Выполнили: Изимов Ильяр Илхамович, Ирисматов Адхам Дилшадович,
Ташметов Акмаль Рахматуллаұлы

Научный руководитель,



Аскарлов Е.С.

«_____» 2021 г.

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский-технический университет
имени К.И.Сатпаева

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Индустриальной инженерии»

5B071200 - Машиностроение

**УТВЕРЖДАЮ**
Заведующий кафедрой
PhD, ассоц. профессор
Арымбеков Б.С.
« _____ » 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучавшимся: Изимов Ильяр Илхамович, Ирисматов Адхам Дилшадович,
Ташметов Акмаль Рахматуллаулы

Тема: «Изучение и проектирование ЧПУ станков»

Приказом Ректора Университета № _____ от «__» _____ 20__ г.

Срок сдачи законченной работы «__» _____ 20__ г.

Исходные данные к дипломной работе:

1. Размеры готовой детали – “Шестерня”

Краткое содержание дипломной работы:

а) Теоритическая часть

б) Эксперементальная часть

Рекомендуемая основная литература:

1. Металлорежущие станки: учебное пособие/Аскарлов Е.С. – 2018 г.
2. Технология машиностроения: учебное пособие/Аскарлов Е.С. – 2015 г.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
Поиск информации Обзор литературы Общая часть		
Расчетная часть Графическая часть		
Оформление по СТП Нормоконтроль		

Подписи

Консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименование разделов	Консультанты И.О.Ф. (уч. степень звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтроль			

Научный руководитель



Аскарлов Е.С.

Задание принял к исполнению обучающиеся _____ Изимов Ильяр Илхамович, Ирисматов Адхам Дилшадович, Ташметов Акмаль Рахматуллаулы



Дата

« ___ » _____ 2021 г.

АННОТАЦИЯ

В современном машиностроении встречаются большое количество разнообразных видов станков и такого рода машин, по служебному назначению, конструкции и компоновкам, видам обрабатываемого материала.

В общих чертах такого рода агрегаты делятся на токарные, фрезерные, шлифовальные, плазменные, станки с лазерной резкой. Революционное событие в современном машиностроении это создание станков с числовым программным обеспечением. С созданием таких машин стало возможно автоматизировать производство, значительно повысить производительность и качество обработок.

АҢДАТПА

Қазіргі заманғы машина жасауда машиналардың және осы типтегі машиналардың көптеген түрлері бар , олардың мақсаты, дизайны мен орналасуы, өңделетін материалдың түрлері.

Жалпы алғанда, мұндай агрегаттар айналмалы,фрезерлік , тегістеу , плазмалық , лазерлік кесу машиналарына бөлінеді.Қазіргі заманғы революциялық оқиға машина жасау бұл сандық бағдарламалық жасақтамасы бар машиналарды жасау. Осындай машиналардың құрылуымен өндірісті автоматтандыру , өңдеу өнімділігі мен сапасын едәуір арттыру мүмкін болды.

ANNOTATION

In modern mechanical engineering, there are a large number of various types of machine tools and machines of this kind, by service purpose, design and layout, types of processed material.

In general terms, such units are divided into turning, milling, grinding, plasma, laser cutting machines. A revolutionary event in modern mechanical engineering is the creation of machine tools with numerical software. With the creation of such machines, it became possible to automate production, significantly increase the productivity and quality of processing.

СОДЕРЖАНИЕ:

Введение.....	8
1. Станки с ЧПУ – лицо современного производства.....	9
1.1 ЧПУ станки	9
1.2 Основные элементы станков с ЧПУ	11
1.3 Основные типы ЧПУ станков.....	16
2. История создания станков с ЧПУ	23
3. Многоцелевые станки с ЧПУ.	34
4. Как программируются станки с ЧПУ	37
5. Проектирование и обработка различных деталей в программе FreeCAD	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	66
Список использованной литературы.....	67

Введение

Серийное и мелкосерийное производство, на котором производится от 75 до 80% всей продукции машиностроения, отличается высокими трудозатратами на вспомогательную деятельность. В общей структуре нормы времени на выполнение технологической деятельности основное технологическое время может составлять до 30%, остальное время входит во вспомогательное время, то есть монтаж станка, монтаж устройства, режущий инструмент, размерный контроль и др.

Автоматизация таких типов производства традиционными методами и оборудованим практически невозможна из-за их дороговизны, длительного времени перехода и сложности. Все эти затраты, которые можно отнести к затратам на производство нескольких штук, десятков или даже сотен мелких и партийных изделий, делают их производственные затраты достаточно высокими.

Одним из основных направлений автоматизации процессов мелкосерийной и стандартной механической обработки заготовок является использование станков с цифровым управлением (ЧПУ).

Важнейшее достижение в машиностроении – внедрение комплексной автоматизации производства. Разработка и внедрение нескольких обрабатывающих комплексов – станков с ЧПУ – позволили сократить время обработки продукции на 500%.

Структура численных моделей, а также использование математических методов создали необходимость внедрения ЧПУ в производственный процесс. В связи с этим машиностроение претерпело революционные изменения.

1. Станки с ЧПУ – лицо современного производства

За последние 30-40 лет в мире произошли крупные перемены в области высоких технологий. Революция компьютерной индустрии также оказала значительное влияние на мир промышленности. Непосредственно это стало возможным с созданием станков с ЧПУ, которые являются неотъемлемой частью производства на современных предприятиях. Почти все крупные и успешные предприятия стараются автоматизировать процесс производства. Создание автоматизированных оборудований позволяет производить качественную продукцию в короткие сроки. Что это нам дало? Снижений требований к человеку:

Станки оснащенные ЧПУ позволили нам расслабиться. Работы человека свелась к написанию необходимых программ и ввода данных для данной программы. Заготовки могут подаваться с помощью роботизированных рук. Человеческий фактор снижается к минимуму с использованием таких высокотехнологичных видов оборудования.

Высокая точность в серийном и массовом производстве:

Т.к. станки оснащены компьютерным управлением, вероятность появления брака в производстве сводится к минимуму. Если программы для станков изначально написаны правильно и оператором контролируется процесс износа инструмента, и процесс производства, то качество и точность конечной продукции должен составлять более 95%.

Надежность:

Такое высокотехнологическое оборудование, функционирующие практически самостоятельно, будет готово к работе фактически нажатием пары кнопок. Такое оборудование время от времени требует только технического обслуживания и небольшого ремонта. Фактически такие машины постоянно готовы к работе и требуют меньшего контакта с человеком.

Перспективы и высокая адаптивность:

Машины оснащенные ЧПУ до сих пор совершенствуются и несомненно будут развиваться в будущем. Новые инновации не заставят себя ждать. Нынешние машины могут работать практически со всеми видами металлов и пластмасс. Один станок с ЧПУ может совместить работу целой бригады. Также производится значительная экономия расходуемого материала

1.1 ЧПУ станки

Станки с ЧПУ - это полуавтоматические или автоматические станки, в которых все движущиеся части автоматически выполняют работу и вспомогательные движения в соответствии с заранее заданной программой, записанной на носителе данных, таком как компьютерный диск или флэш-память. Системы ЧПУ не требуют сложного и дорогостоящего производства, требуют трудоемкой установки, камер, копировальных аппаратов и задержек.

Здесь замена оборудования для производства нового продукта в основном производится программными методами, то есть изменяется программа управления в системе управления станком. Конечно, такой переход занимает мало времени, особенно если в системе управления есть набор заранее выполненных программ для всех выпускаемых продуктов. Этот метод перехода делает использование станков с ЧПУ экономически эффективным при обработке небольших партий, а в некоторых случаях даже отдельных деталей.

В системах ЧПУ информация полностью передается в цифровом виде, полученном непосредственно из чертежа детали. Путь режущего инструмента отображается как последовательность последовательных положений, каждая из которых обозначена номером. Вся информация программы управления (размерная, технологическая и вспомогательная), представленная в текстовой или табличной форме с использованием символов, цифр, букв, обычных символов, кодируется и вводится в память системы управления непосредственно с клавиатуры или внешней кассеты памяти.

Устройство ЧПУ транслирует эту информацию о командах для управления исполнительными механизмами станка и контролирует их выполнение. На станках с ЧПУ можно получить сложные движения ваших заготовок не за счет кинематических шарниров, а благодаря независимым координатным движениям заготовок по программе. Таким образом, кинематика станков с ЧПУ проще, чем кинематика универсальных ручных станков.

Качественно новые станки с ЧПУ имеют возможность увеличить количество одновременно контролируемых координат до 5, в результате чего стало возможным применять принципиально новые компоновки станков, получая широкий спектр технологических возможностей с автоматическим управлением. Абстрактный и однозначный характер информации, которая постоянно передается от чертежа к рабочим органам, позволяет использовать математические методы для подготовки управляющих программ, автоматизируя процесс ее расчета на компьютере. Программа может быть рассчитана с определенной точностью и практически для любого необходимого закона движения рабочего тела.

Программа управления состоит из отдельных технологических команд, каждая из которых определяет работу системы управления при одном

технологическом переходе и содержит название команды, ее числовое значение, подпись и название логической операции. Машинные коды, используемые для написания программы, основаны на системе двоичных десятичных чисел. Размеры смещения определяются двумя способами: 1) в абсолютных значениях 2) пошагово

В первом случае все координаты определяются относительно абсолютно одной системы координат. В результате нет ошибок позиционирования. Во втором случае все координаты определяются относительно координат предыдущего положения рабочего органа, в результате чего накапливаются ошибки.

Чтобы обеспечить совместимость процесса программирования различных станков с ЧПУ, приняты общие рекомендации международного стандарта ISO 841, который регулирует направление осей координат и вращение вокруг них. Основа - декартова система координат X, Y, Z, которая указывает положительные направления движения режущих инструментов по отношению к неподвижной части.

Если деталь движется относительно неподвижного инструмента, то ее положительные перемещения направлены в противоположные стороны. По стандарту ось X всегда горизонтальна, ось Z совмещена с осью вращения инструмента или вала с заготовкой, ось Y позиционируется по закону правой руки - если ось X смотрит на нас, то ось Z направлена вверх, затем ось Y направлена вправо.

Круговые движения режущих инструментов обозначаются буквами A, B, C. Поворот по часовой стрелке считается положительным, если он рассматривается в положительном направлении соответствующей координатной оси. Системы ЧПУ имеют очень высокие значения коэффициента и почти близки к однородности. То есть эти системы обладают очень высоким уровнем автоматизации и мобильности.

1.2 Основные элементы станков с ЧПУ

Ниже представлены элементы системы обработки с ЧПУ.

1. Программа:

Это компьютерный ввод, который выполняется с клавиатуры при попытке указать машине выполнить функциональный управляющий код. Этот код управления состоит из двух наборов: G-коды и M-коды. M-коды - это разные машинные команды, которые не управляют движением оси. В то время как G-код используются для управления определенными движениями машины, такими как движения машины или функции сверления.

2. Читатель ленты:

Считыватель ленты служит запоминающим устройством, где может храниться программа для конкретной операции обработки. Модификацию

программы можно легко выполнить, отредактировав существующую программу в соответствии с ее требованиями.

3. Мини-компьютер:

Это основной блок управления станков с ЧПУ. Интерпретирует ввод на язык, понятный компьютеру, чтобы управлять следующей функцией:

- Изменяет скорость шпинделя, а также контролирует направление вращения шпинделя.
- Для запуска и остановки шпинделя станка.
- Для запуска и остановки подачи охлаждающей жидкости.
- Изменение необходимых инструментов в соответствии с требованиями.
- Контролирует скорость подачи
- Смена заготовки.

4. Сервосистема:

Сервосистема принимает и управляет сигналами от устройств обратной связи и устанавливает выходной сигнал в соответствии с частями машины.

Сервосистема состоит из следующих частей:

- Серводвигатели
- Устройства обратной связи
- Шариковый винт

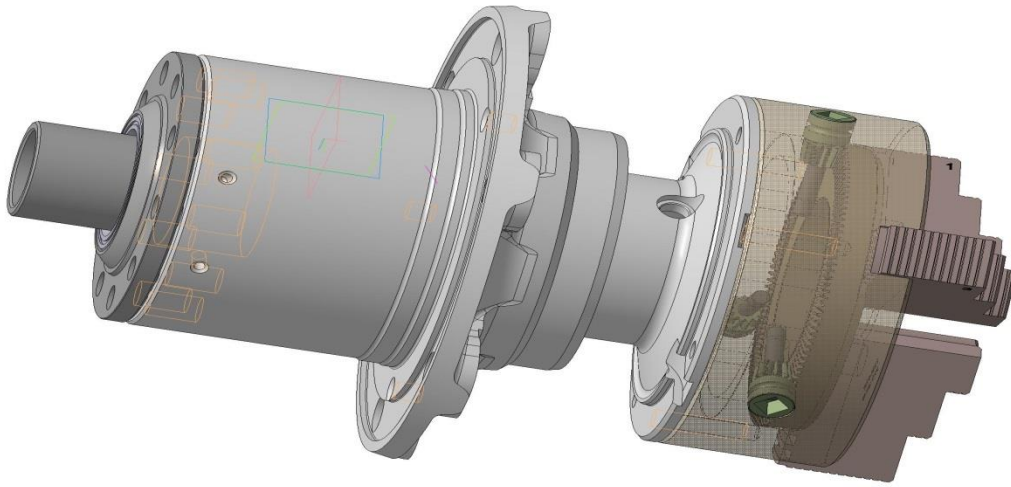


5. Станина:

Эти детали на станках с ЧПУ несут всю нагрузку станка, то есть все остальные компоненты установлены на нем. Компонент станины изготовлен из твердого материала, такого как чугун, потому что на токарных станках с ЧПУ револьверная головка перемещается по ним.

6. Передняя бабка:

Передняя бабка является одним из основных компонентов токарных станков с ЧПУ из-за того, что на ней закреплена заготовка. Токарный станок с ЧПУ оснащен двигателем для привода главного шпинделя.



7.Задняя бабка:

Эта деталь станка с ЧПУ обеспечивает дополнительный захват заготовки при выполнении таких операций, как накатка, нарезание резьбы, токарная обработка. Опора предусмотрена на торцевой поверхности заготовки.



8.Пиноль задней бабки:

Пиноль задней бабки помогает центрировать заготовку между передней и задней бабками.

9.Ножной переключатель или педаль:

Педаля используется для открытия и закрытия патрона при попытке захвата компонента, точно так же, как пиноль задней бабки перемещается вперед и переворачивается.

10.Зажимной патрон:

Патрон установлен на основном шпинделе, что дает место для фиксации инструмента.



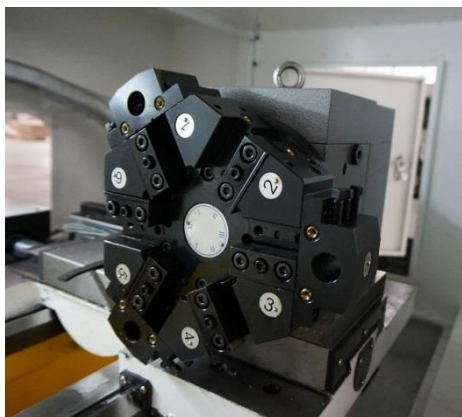
11. Панель управления:

Панель управления также является одной из важных частей станков с ЧПУ, которые используются для установки или подачи программы для операции, выполняемой с заготовкой. Его также называют мозгом станка с ЧПУ.



12. Инструментальная револьверная головка:

В этой части на ней крепится инструмент и позволяет оператору выполнять свои обязанности. Револьверы для инструментов различаются по форме и количеству инструментов, которые можно использовать с ними.



13. Рабочий стол:

Является одним из главных элементов любого ЧПУ станка. Основными его функциями являются размещение обрабатываемых заготовок(деталей), а также их крепление. Стол должен быть обязан быть ровным, и обеспечивать крепление заготовки в любом месте.

1.3 Основные типы ЧПУ станков

1. Токарный станок с ЧПУ

Токарные станки с числовым программным управлением считаются наиболее многочисленной среди всех машин оснащенных ЧПУ. Они в основном используются для механической обработки при помощи вращения шпинделя, на котором закреплена заготовка, относительно режущего инструмента (резец). Такие машины нужны для создания цилиндрических, конических и сферических поверхностей. Токарные станки с ЧПУ предназначаются для обрабатывания (резки, фрезеровки, сверление) поверхности заготовки внутри и снаружи. В крупных и современных предприятиях им отдается значительное предпочтение, т.к. они оснащены высокоточными компьютерами, что значительно упрощает управление процессом. Этот подход позволяет автоматизировать процесс обработки деталей, сведя к минимуму появления брака под влиянием человеческого фактора.

Такие станки получили большое применение в машиностроении, приборостроении, а также на деревообрабатывающих предприятиях. Главным преимуществом токарных станков с числовым программным управлением является их универсальность и внушительный функционал в производительности. Эти машины управляются специальной высокоточной программой, которая позволяет получать на выходе высококачественный результат обработки заготовок. В отличие от станков с ручным управлением, практически все составные части двигателя управляются электроникой.

Их основные свойства:

- Гибкость при изготовлении деталей (заготовок)
- Высокая точность и скорость при обработке
- Автоматизация производства.
- Существуют три основные группы токарных станков с ЧПУ:
- Карусельные;
- Токарно-винторезные;
- Полуавтоматы и автоматы.

Токарно-карусельный станок предназначен для заготовок, обладающих внушительным весом и диаметром, но довольно компактных в длине. Станки такого типа в основном используются для растачивания и точения поверхности имеющих форму цилиндра и конуса, а также для проделывания канавок и подрезания торцов. Его уникальной особенностью является в том, что заготовка вращается в горизонтальной плоскости, подобно карусели, откуда и пошло название.

Главным элементом данных машин является рабочий стол, на котором размещается планшайба. С ее помощью крепится обрабатываемая деталь. Сам рабочий стол располагается горизонтально, благодаря чему установка заготовок существенно облегчает данные агрегаты за счет своей довольно простой конструкции, позволяет безопасно и просто установить заготовку для дальнейшей работы с ней. Токарно-карусельные машины оснащенные

ЧПУ позволяют получить обработку металлов резанием практически любой сложности, однако это относится только к телам вращения. Стоит также отметить, управлять такими машинами не так сложно, как и с обычным токарным станком, но размеры заготовок значительно отличаются в размерах, но и скорости вращения тут не высоки. Отсюда и доля ошибок здесь мала.

К главным достоинствам данных машин относят:

- Высокое качество и точность обработки, при которой вероятность брака существенно не высока
- Комфортное управление агрегатом, особенно если он оснащен ЧПУ
- Высокая скорость процедур
- Максимальная безопасность в эксплуатации.

Токарные станки карусельного типа имеют лишь два конструктивных вида: с одной или двумя стойками. Разница между одностоечным и двухстоечными станками в том, что первые в основном предназначены для обработки заготовок, диаметром до 1 метра. Центробежная сила, возникающая при вращении детали, гасится с помощью единственной стойки, а длина планшайбы должна быть достаточна для размещения и перемещения резца.

В станках, имеющих две стойки, работа проводится с довольно большими заготовками, достигающих до 3 метров в диаметре. В данных машинах в большинстве случаев применяется асинхронный двигатель. Скорость вращения ограничивается лишь тугоплавкостью и хрупкостью резца и металла заготовки.

Числовое программное управление на современных карусельных станках способно:

- Самостоятельно выбрать необходимую частоту и скорость вращения планшайбы.
- Вернуть резцы в исходное положение.
- Корректировать движение инструментов на верхнем суппорте.
- Контролировать и исправлять величину подач и положение рабочих инструментов.

Токарно-винторезные станки по своей сути являются усовершенствованной модификацией токарных станков. Они являются наиболее распространенным видом токарных станков. Их используют для обработки относительно небольших, но сложных при производстве деталей для автомобилестроения, аэрокосмической сфере, а также в медицине. Данные машины в основном предназначены для единичного или мелкосерийного производства. Однако если это на оборудование устанавливается ЧПУ, то это дает нам возможность для массовой обработки заготовок.

Основное предназначение данных машин – это выполнение операций с металлом, предполагающих высокую точность и качество. У этих машин довольно широкий функциональный спектр. На токарно-винторезных станках можно наружные поверхности, имеющих форму цилиндра и конуса, фасонные поверхности, обрабатывать торцовые поверхности, сверлить, зенкеровать, растачивать отверстия и другие операции.

На токарно-винторезном станке довольно простой принцип работы: заготовка, установленная в горизонтальном положении, начинает вращаться, а ненужный материал удаляется режущим инструментом. Но для реализации этого принципа необходим механизм, состоящий из большого количества точно установленных элементов. Устройство современных типов может состоять не только из рабочих частей. Станки, оснащенные числовым программным управлением, позволяют снизить контакт машины и человека к минимуму, а также значительно наладить автоматическое управление процессом обработки деталей. Данные дополнительные возможности позволяют увеличить потенциал машины.

Характерными особенностями данных машин являются:

- Высокая производительность;
- Быстрое решение функциональных задач;
- Жесткая и прочная станина;
- Надежное крепление заготовок;
- Стабильная фиксация резца;
- Высокий класс безопасности и надежности;

2. Фрезерный станок с ЧПУ

Фрезерные станки являются одними из самых, если не самым, популярными видами машин оснащенными ЧПУ. Они способны выполнять самые различные операции с внушительным ассортиментом сырья. Данные машины оснащаются вращающиеся фрезы, для того чтобы довести заготовки до совершенства. Фреза делается из металла с остро заточенными гранями и бывают самой разнообразной формы. Фрезерные станки способны производить сверление, фрезерование, шлифовать поверхности, зенкеровать, торцевать растачивать отверстия и т.д.

Фрезерные станки с числовым программным управлением отличаются от своих собратьев с ручным управлением наличием электронных устройств и компьютером. За управлением процесса отвечает специальная программа. Задачей же человека, работающего на таком оборудовании, сводится к минимуму. Его функции ограничиваются запуском оборудования, закреплением заготовки, настройками станка с помощью панели управления и контролем процесса операции.

Машины такого типа нашли широкое применение в металлообработке, ювелирном деле, производстве сувениров, деревообработка, мебельное производство, моделирование и т.д. В каждой модели машины оснащенной ЧПУ в случае появления неисправности или же для более точечных работ существует возможность управлять станком вручную. Однако автоматизированные фрезерные агрегаты имеют значительные преимущества перед машинами с ручным управлением. Вследствие этого большинство крупных и современных предприятий стараются обновить и автоматизировать свое оборудование.

Современные фрезерные станки с ЧПУ способны давать:

- высокую точность при обработке;
- повышение производительности;
- высокую скорость процесса;
- снижения влияния человеческого фактора;
- изготовление изделий повышенной сложности;
- экономию сырья.

Конструктивно фрезерные станки делятся на:

- консольные;
- бесконсольные;

Первый тип агрегатов характеризуется зафиксированной фрезой в одном положении, и консолью движущейся по заданному направлению, на которую крепится деталь. В бесконсольных фрезерах могут двигаться оба элемента. Оба вида этих машин бывают горизонтального и вертикального исполнения. Консольные бывают и универсальными.

Распространенными типами фрезерных станков являются:

- универсальные;
- широкоуниверсальные;
- горизонтально-фрезерные;
- вертикально-фрезерные;

Горизонтально-фрезерные станки характеризуются вертикальным расположением шпинделя. Процесс обработки происходит за счет перемещения рабочего стола относительно фрезы.

Вертикально-фрезерные машины принципиально отличаются расположением шпинделя, как видно по названию он расположен вертикально.

Универсальные фрезерные станки позволяют производить операции сверления, точения и фрезерования заготовок, расположенных горизонтально и вертикально. Практически все они оснащены поворотным столом.

Широкоуниверсальные станки являются многофункциональным высокотехнологическим оборудованием, способным производить все возможные операции. Также такие машины способны обрабатывать деталь на нескольких осях одновременно.

3. Станок плазменной резки с ЧПУ

ЧПУ использует керамические резаки для резки материалов и часто используется для резки стали и других металлов. В этом процессе газ (например, сжатый воздух) выбрасывается из сопла с высокой скоростью, при этом электрическая дуга одновременно генерируется от сопла к обрабатываемой поверхности, а некоторые газы превращаются в плазму. Плазма достаточно горячая, чтобы расплавить разрезаемый материал, и движется достаточно быстро, чтобы сдуть расплавленный металл из щели.

Процесс плазменной резки включает резку материала плазмой, станок для лазерной резки направляет мощный лазер через оптику и фокусирует выходной луч для резки материала. Типичный коммерческий станок для лазерной резки будет работать через систему ЧПУ (числовое программное управление). Обычно используются три основных типа станков для лазерной резки: газовые лазеры, твердотельные лазеры и плазменные резаки.

Как работает плазменный резак с ЧПУ?

Машины плазменной резки с ЧПУ - это управляемые компьютером системы, которые могут перемещать плазменный резак высокой четкости в различных направлениях с помощью цифрового кодирования, запрограммированного в компьютер. Сам аппарат плазменной резки высокой четкости работает, нагнетая газ или сжатый воздух через сопло на высоких скоростях. Затем в газ подается электрическая дуга, создающая плазму, способную прорезать металл.

Плазменные резаки с ЧПУ доступны в различных размерах, ценах и функциональных возможностях. Эти машины обладают высокой точностью и могут резать металл с большой скоростью. Хотя для работы плазменных резаков высокой четкости требуется плазменный газ и вспомогательный газ, тип газа будет варьироваться в зависимости от разрезаемого материала. Некоторые из газов, которые можно использовать при плазменной резке, включают:

- Кислород - может использоваться для резки низкоуглеродистой стали, но вызывает грубые порезы в нержавеющей стали и алюминии.
- Смесь аргона и водорода - обеспечивает высококачественную гладкую резку нержавеющей стали и алюминия.
- Сжатый воздух - хорошо подходит для слаботочной резки металлов.
- Азот - может использоваться для резки тонкой нержавеющей стали.

- Метан - может использоваться для резки тонкой нержавеющей стали.

4. Разгрузочная машина с ЧПУ

Электроэрозионная обработка, включает использование электрического разряда или активации для создания определенной формы внутри определенного материала. Материал выводится из конкретной заготовки путем повторения процесса электрического разъединения между двумя анодами. Эти аноды изолированы жидким диэлектриком, который периодически получает напряжение.

Другими словами, электроэрозионная обработка - это метод вырезания отверстий, карманов и других форм в закаленной стали и придания текстуры поверхности внутренней полости формы. Жертвенный электрод в ванне с электролитом высвобождает искру большой мощности, разрушающую очень твердые материалы. Этот метод обычно используется для создания квадратных отверстий. С помощью электроэрозионного станка проволока может непрерывно подаваться между двумя катушками. После зарядки быстро и точно прорезает закаленную инструментальную сталь.

2. История создания станков с ЧПУ

Ранние станки:

В 1775 году сверлильный станок Джона Уилкинсона стал решением для точного растачивания цилиндров для паровых двигателей. Джеймсу Ватту приписывают создание парового двигателя, который привел в действие вторую промышленную революцию в Англии, но у него были проблемы с получением постоянной точности цилиндров парового двигателя - до тех пор, пока Уилкинсон не создал свой станок для растачивания цилиндров двигателя.

Перфокарты:

В 1725 году французский текстильщик Базиль Бушон изобрел способ управления ткацкими станками, используя данные, закодированные на бумажных лентах через серию пробитых отверстий. Этот новаторский метод был хрупким и по-прежнему требовал вмешательства оператора. В 1805 году Жозеф Мари Жаккар принял эту концепцию, но усилил и упростил ее, последовательно связав более прочные перфокарты, тем самым автоматизируя процесс. Эти перфокарты широко считаются основой того, что впоследствии стало современной вычислительной техникой, и ознаменовали конец надомной промышленности в ткачестве.

Интересно, что жаккардовому ткацкому станку встретили сопротивление рабочие того времени, опасавшиеся, что автоматизация лишит их работы и средства к существованию. Неоднократно сжигали запущенные в производство станки. Однако их сопротивление оказалось бесполезным, поскольку промышленность признала преимущества ткацкого станка. К 1812 году во Франции использовалось 11000 жаккардовых станков.

Перфокарты развивались во второй половине 1800-х годов и нашли множество применений, от телеграфии до пианино с автоматическим воспроизведением. В то время как первые карты определяли механическое управление, американский изобретатель Герман Холлерит первым изобрел электромеханический табулятор перфокарт, который изменил правила игры. Его система была запатентована в 1889 году, когда он работал в Бюро переписи населения США.

В 1896 году он основал компанию Табулирующих машин, которая была объединена с четырьмя другими компаниями и в 1924 году образовала ИВМ. Во второй половине 20-го века перфокарты впервые использовались для ввода и хранения данных в компьютерах и машинах с числовым программным управлением. Первоначальный формат имел пять рядов отверстий, в то время как последующие версии имели шесть, семь, восемь и более рядов.

Сервомеханизмы:

Сервомеханизм - это автоматическое устройство, которое использует обратную связь с обнаружением ошибок для корректировки работы машины или механизма. В некоторых случаях сервопривод позволяет управлять большим количеством мощности устройством с гораздо меньшей мощностью. Сервомеханизм состоит из управляемого устройства, другого устройства, которое подает команды, детектора ошибок, усилителя сигнала ошибки и устройства для исправления ошибок (серводвигателя). Сервоприводы обычно используются для управления такими переменными, как положение и скорость, и чаще всего бывают электрическими, пневматическими или гидравлическими.

Первый электрический сервомеханизм был создан в Англии Х. Календарем в 1896 году. К 1940 году Массачусетский технологический институт создал специальную лабораторию сервомеханизмов, которая выросла из повышенного внимания Департамента электротехники к этому предмету. При обработке с ЧПУ сервоприводы необходимы для достижения требуемых допусков автоматизированного процесса обработки.

Automatically Programmed Tool (APT - Автоматически Запрограммированный инструмент)

Созданный в Лаборатории сервомеханизмов Массачусетского технологического института в 1956 году и являющийся детищем группы компьютерных приложений, Automatically Programmed Tool (APT) представляет собой простой в использовании язык программирования высокого уровня, специально предназначенный для генерации инструкций для станков с числовым программным управлением. APT был языком, созданным для работы с первым станком с ЧПУ Массачусетского технологического института, одним из первых в мире. Он стал стандартом для программирования станков с компьютерным управлением и широко использовался в 1970-х годах. Разработка APT спонсировалась ВВС, и в конечном итоге она была добавлена в общественное достояние.

Глава группы компьютерных приложений Дуглас Т. Росс известен как отец APT. Позже он также ввел термин «автоматизированное проектирование» (САПР).

Рождение числового управления:

До появления станков с числовым программным управлением сначала было развитие числового программного управления и первые станки с ЧПУ. И хотя в различных описаниях исторических деталей есть некоторые расхождения, первые станки с ЧПУ были ответом на конкретные производственные проблемы, с которыми столкнулись военные, а также естественным развитием системы перфокарт.

Джон Т. Парсонс, отец ЧПУ:

Американский изобретатель Джон Т. Парсонс (1913–2007) широко считается отцом числового программного управления, которое он задумал и реализовал с помощью авиационного инженера Фрэнка Л. Стулена. Сын фабриканта из Мичигана, Парсонс начал работать сборщиком на фабрике своего отца в возрасте 14 лет. Позже он владел и управлял рядом производственных предприятий в рамках семейного бизнеса Parsons Manufacturing Co.

Парсонс заполучил первый патент ЧУ и был введен в Национальный зал славы изобретателей за свою новаторскую работу в области числового управления. Всего Парсонс имеет 15 патентов, еще 35 выданы его бизнесу.

Хронология раннего ЧУ:

1942: Джон Т. Парсонс получает субподрядную работу с Sikorsky Aircraft на изготовление лопастей несущего винта вертолета.

1944: Из-за конструктивного дефекта лонжерона одна из первых 18 изготовленных лопастей вышла из строя, в результате чего погиб пилот. Парсонсу пришла в голову идея штамповать лопасти ротора из металла, чтобы сделать их прочнее и избавиться от клея и винтового крепления.

1946: Создание производственного инструмента для точного изготовления лопастей должно было быть сложным, поэтому Парсонс нанимает авиационного инженера Фрэнка Стулена и собирает команду инженеров с тремя другими. Стулену пришла в голову идея использовать перфокарты IBM для определения уровней нагрузки на лезвия, и они арендуют для этого проекта семь машин IBM.

1949: ВВС США нуждаются в помощи в создании сверхточного крыла. Парсонс представляет свою машину с числовым программным управлением и получает контракт на 200 000 долларов, чтобы воплотить ее в жизнь.

1949: Парсонс и Стулен работали с Snyder Machine & Tool Corp. над станком и поняли, что им нужны серводвигатели для их точной работы. Parsons передает сервоприводы для «Card-a-matic Milling Machines» в субподряд Лаборатории сервомеханизмов Массачусетского технологического института.

1951: Сделка по станку с ЧПУ Air Force передана Массачусетскому технологическому институту. Существуют разные версии того, что

произошло, что привело к тому, что Парсонс был исключен из сделки: заниженная ставка Массачусетского технологического института, у Парсонса и у Парсонса закончились деньги

1952 (август): В ответ Массачусетский технологический институт подает патент на «Сервосистему с числовым программным управлением».

1952: Массачусетский технологический институт демонстрирует свою систему перфоленты с 7 дорожками (со статьей Уильяма Пиза в Scientific American), которая является сложной и дорогой (250 электронных ламп, 175 реле в 5 шкафах размером с холодильник).

1955: Concord Controls (сформированная членами первоначальной команды MIT) создает Numericord, который заменяет перфоленту на станке с ЧПУ MIT на устройство для чтения магнитной ленты, над которым работает GE.

1958: Парсонс получает патент США 2 820 187 и продает эксклюзивную лицензию компании Bendix. IBM, Fujitsu и GE берут сублицензии после того, как уже начали разработку своих собственных машин.

1958: Массачусетский технологический институт публикует отчет об экономике Северной Каролины, в котором делается вывод о том, что нынешнее воплощение на самом деле не экономит время, а вместо этого переводит рабочую силу с завода на тех, кто создает перфоленты.

Эволюция от ЧУ к ЧПУ:

Вплоть до 1950-х годов машины с программным управлением работали с данными с перфокарт, в основном созданных с использованием кропотливого ручного процесса. Поворотным моментом в эволюции ЧПУ стало то, что карты были заменены компьютерным управлением, которое напрямую связано с разработкой компьютеров, а также с программами автоматизированного проектирования (CAD) и автоматизированного производства (CAM). Обработка стала одним из первых применений вычислительной техники.

Хотя аналитическая машина Чарльза Бэббиджа, разработанная в середине 1800-х годов, считается первым компьютером в современном понимании, компьютер Whirlwind I (также созданный в Лаборатории сервомеханизмов) Массачусетского технологического института (MIT), работающий в режиме реального времени, был одним из них. первый для параллельного расчета и использования памяти на магнитном сердечнике (на фото ниже). Команда смогла использовать машину для кодирования производства перфоленты с компьютерным управлением. В оригинальном Whirlwind использовалось около 5000 электронных ламп, а вес составлял около 20 000 фунтов.

Хронология эволюции от ЧУ к ЧПУ:

Середина 1950-х: G-код, наиболее широко используемый язык программирования ЧУ, родился в Лаборатории сервомеханизмов Массачусетского технологического института. G-код используется, чтобы сообщить компьютеризированным станкам, как что-то делать. Инструкции отправляются контроллеру машины, который затем сообщает двигателям, с какой скоростью двигаться и по какому пути двигаться.

1956: BBC предлагают создать общий язык программирования для числового управления. Новое исследовательское подразделение Массачусетского технологического института, возглавляемое Дугом Россом и получившее название Computer Applications Group, начинает работу над предложением, разрабатывая то, что впоследствии станет известным как язык программирования Automatically Programmed Tool (APT).

1957: Ассоциация авиационной промышленности и подразделение BBC США сотрудничают с Массачусетским технологическим институтом для стандартизации работы с APT и создания первого официального станка с ЧПУ. Созданный до изобретения графических интерфейсов и FORTRAN, APT использовал только текст для передачи геометрии и траекторий инструмента на станок с числовым программным управлением (NC).

1957: Во время работы в General Electric американский ученый-компьютерщик Патрик Дж. Ханратти разрабатывает и выпускает ранний коммерческий язык программирования с числовым программным управлением под названием Pronto, заложив основу для будущих программ САПР и заслужив неофициальный титул «Отец САПР / САМ».

1959: Команда Массачусетского технологического института проводит пресс-конференцию, чтобы продемонстрировать свою новую разработку станков с ЧПУ. Известно, что алюминиевая пепельница, фрезерованная на станке с ЧПУ, распространяется как часть пресс-кита.

1959: BBC подписывают однолетний контракт с Лабораторией электронных систем Массачусетского технологического института на разработку «Проекта автоматизированного проектирования». Получившаяся в результате система, Automated Engineering Design (AED), была передана в общественное достояние в 1965 году.

1959: General Motors (GM) начинает работу над тем, что стало известно как Design Augmented by Computer (DAC-1), одной из первых графических систем CAD. На второй год они пригласили IBM в качестве сотрудника. Чертежи можно было сканировать в систему, которая оцифровывала их, и можно было вносить изменения. Дополнительное программное обеспечение может затем преобразовать линии в трехмерную форму и вывести их в APT

для отправки на фрезерные станки. DAC-1 был выпущен в производство в 1963 году и публично представлен в 1964 году.

1962: Становится доступной первая коммерческая графическая САПР Electronic Drafting Machine (EDM), разработанная оборонным подрядчиком США Itek. Она была куплена компанией Control Data Corporation, производящей мэйнфреймы и суперкомпьютеры, и была переименована в Digigraphics. Первоначально он использовался такими компаниями, как Lockheed Corporation, для производства деталей для военно-транспортного самолета C-5 Galaxy, демонстрируя первый пример сквозной производственной системы CAD / CNC.

1963: Айвен Сазерленд, кандидат наук в Массачусетском технологическом институте, представляет диссертацию под названием «Блокнот: система графической связи человек-машина» с описанием первого графического пользовательского интерфейса, который работал на компьютере TX-2 лаборатории Линкольна Массачусетского технологического института (транзисторная версия Whirlwind), одной из самых больших и мощных машин в мире в то время, с 306 килобайтами основной памяти.

TX-2 имел экран осциллографа, программируемые кнопки для ввода команд, световое перо для ввода и перьевой плоттер для вывода, что позволяло Sketchpad быть интерактивным, в отличие от предыдущих программ, которые были ориентированы на пакетную обработку. В Sketchpad были исключены печатные инструкции в пользу линейных рисунков, что особенно полезно при передаче таких вещей, как форма механической части или соединения электрической цепи.

Станки с ЧПУ набирают обороты и популярность:

В середине 60-х появление доступных мини-компьютеров изменило правила игры в отрасли. Эти мощные машины занимали гораздо меньше места, чем используемые до сих пор мэйнфреймы размером с комнату, благодаря новым технологиям транзисторов и оперативной памяти.

Миникомпьютеры, также известные в то время как компьютеры среднего уровня, естественно, также имели более доступную цену, освобождая их от прежних ограничений корпорации или вооруженных сил и передавая потенциал точности и надежной воспроизводимости в руки небольших компаний и предприятия.

Напротив, микрокомпьютеры были 8-битными однопользовательскими простыми машинами, на которых работали простые операционные системы, такие как MS-DOS, а супермини были 16-битными или 32-битными. Среди компаний-пионеров - DEC, Data General и Hewlett-Packard (HP) (которая теперь называет свои бывшие миникомпьютеры, такие как HP3000, «серверами»).

В начале 1970-х из-за медленного экономического роста и роста затрат на рабочую силу обработка с ЧПУ казалась отличным и рентабельным

решением, и спрос на недорогие станки с ЧПУ увеличился. В то время как американские исследователи были сосредоточены на программном обеспечении и таких высокотехнологичных отраслях, как аэрокосмическая промышленность, Германия (к которой присоединилась Япония в 80-х годах) превзошла США по продажам оборудования, сосредоточившись на рынках дешевых товаров. Однако на тот момент существовал целый ряд американских фирм и поставщиков САПР, включая UGS Corp., Computervision, Applicon и IBM.

В 1980-х годах, когда стоимость микропроцессорного оборудования упала и появились системы локальных сетей (LAN, компьютерная сеть, которая соединяется с другими), выросли стоимость и доступность станков с ЧПУ. Ко второй половине 80-х миникомпьютеры и большие компьютерные терминалы были заменены объединенными в сеть рабочими станциями, файловыми серверами и персональными компьютерами (ПК), отвязанными станками с ЧПУ от университетов и компаний, в которых они традиционно размещались (поскольку они были единственными, кто мог позволить себе дорогие компьютеры, которые их сопровождали).

В 1989 году Национальный институт стандартов и технологий, учреждение Министерства торговли США, создал проект Enhanced Machine Controller (EMC2, позже переименованный в LinuxCNC), программную систему GNU / Linux с открытым исходным кодом для управления станками с ЧПУ с использованием общих целевые компьютеры. LinuxCNC проложил путь в будущее персональных станков с ЧПУ, которые продолжали оставаться пионером в области вычислений.

Современная история ЧПУ:

Траектория перехода институциональных станков с ЧПУ размером с комнату к настольным станкам, таким как настольный фрезерный станок для печатных плат Bantam Tools, напрямую параллельна развитию персональных компьютеров, микроконтроллеров и других электронных компонентов. Без этих разработок сегодняшние мощные и компактные станки с ЧПУ были бы невозможны.

Эра персональных компьютеров:

В 1977 году одновременно были выпущены три «микрокомпьютера» - Apple II, PET 2001 и TRS-80, а в январе 1980 года журнал Byte объявил, что «наступила эра готовых персональных компьютеров». С этого момента разработки быстро пошли вверх, и между лидерами Apple и IBM возникла ожесточенная конкуренция.

К 1984 году Apple выпустила классический Macintosh, первый серийный персональный компьютер с мышью и графическим пользовательским интерфейсом (GUI). Macintosh был оснащен MacPaint и MacWrite (которые популяризировали WYSIWYG - то, что вы видите, то и получаете -

приложения). В следующем году благодаря партнерству с Adobe были запущены новые графические программы, заложившие основу для систем автоматизированного проектирования (CAD) и автоматизированного производства (CAM).

Разработка программ CAD и CAM:

Посредниками между компьютером и станком с ЧПУ являются две важные программы: CAD и CAM. Прежде чем мы углубимся в краткую историю этих двух, сделаем обзор.

Программы САПР(CAD-programs) позволяют создавать, изменять и совместно использовать двумерные или трехмерные объекты в цифровом виде. САМ-программы позволяют вам выбирать инструменты, материалы и другие переменные для вашей работы по резке. Даже если вы выполнили всю работу с САПР и знаете, как должна выглядеть ваша деталь, фрезерный станок не знает размер или форму фрезерного инструмента, который вы хотите использовать, а также особенности размера или типа вашего материала.

САМ-программы используют модель, созданную в САПР, для расчета движения инструмента в материале. Эти расчеты движения, называемые траекториями инструмента, автоматически генерируются программой САМ для максимальной эффективности. Некоторые современные программы САМ также могут создавать на экране моделирование того, как станок будет резать материал с помощью выбранного вами инструмента. Моделирование работы вместо многократной резки детали позволяет сэкономить на износе инструмента, времени обработки и материалах.

Корни современного САПР восходят к 1957 году, и программа под названием Pronto, созданная компьютерным ученым Патриком Дж. Ханратти, признана отцом CAD / CAM. В 1971 году он также разработал широко используемую программу ADAM, интерактивную систему графического дизайна, черчения и производства, написанную на Фортране и предназначенную для повсеместного использования на машинах. Калифорнийский университет в Ирвине, где он в то время проводил исследования, утверждает: «По оценкам отраслевых аналитиков, 70 процентов всех имеющихся сегодня трехмерных механических систем CAD / CAM восходят к исходному коду Ханратти».

Между двумя программами Ханратти в 1960 году была разработана новаторская программа Айвена Сазерленда Sketchpad, первая в истории, в которой использовался полностью графический пользовательский интерфейс

Примечательно, что Autodesk AutoCAD, представленный в 1982 году, был первой программой 2D CAD, созданной специально для персональных компьютеров, а не для мэйнфреймов. К 1994 году AutoCAD R13 сделал программу совместимой с 3D-проектами. В 1995 году был выпущен

SolidWorks, разработанный специально для того, чтобы сделать проектирование САПР более доступным для широких слоев населения, за ним в 1999 году вышел Autodesk Inventor, который стал еще более интуитивно понятным.

Невозможно говорить об эволюции станков с ЧПУ, не обращая внимания на создателей программного обеспечения, которые работают над тем, чтобы снизить барьер для входа в цифровой дизайн и сделать его доступным для самых разных уровней квалификации. В настоящее время на переднем крае стоит Autodesk Fusion 360, «первый в своем роде инструмент 3D CAD, CAM и CAE, который объединяет весь процесс разработки продукта в единую облачную платформу, работающую на ПК, Mac и мобильных устройствах». Это невероятно мощное программное обеспечение бесплатно для студентов, преподавателей, стартапов и любителей.

Ранние компактные станки с ЧПУ:

Один из пионеров и создателей компактных станков с ЧПУ, Тед Холл, основатель ShopBot Tools, был профессором нейробиологии в Университете Дьюка, а в свободное время он любил строить лодки из фанеры. Он искал инструмент для облегчения резки фанеры, но даже на станках с ЧПУ в то время было дороже 50 тысяч долларов. В 1994 году он показал группе людей компактную мельницу, которую он спроектировал в своей мастерской, тем самым положив начало пути компании.

От завода к компьютеру: MTM Snap

В 2001 году Массачусетский технологический институт (MIT) открыл новый Центр битов и атомов, лабораторию, родственную MIT Media Lab, во главе с профессором-провидцем Нилом Гершенфельдом. Гершенфельд считается одним из отцов-основателей концепции fab lab (производственной лаборатории). Центр битов и атомов (CBA), получивший 13,75 млн долларов от Национального научного фонда за исследования в области информационных технологий, приступил к работе по созданию сети небольших мастерских, предлагающих широким массам персональные инструменты для цифрового производства.

До этого, в 1998 году, Гершенфельд создал в Массачусетском технологическом институте курс под названием «Как сделать (почти) что угодно» с намерением познакомить студентов-технологов с дорогостоящими производственными машинами промышленного размера, но его класс привлекал студентов из самых разных слоев общества, включая искусство, дизайн и архитектуру. Это стало основой революции в персональном цифровом изготовлении.

Одним из проектов, рожденных CBA, был Machines That Make (MTM), ориентированный на разработку машин для быстрого прототипирования, которые можно использовать в производственных лабораториях. И одним из

станков, рожденных в рамках этого проекта, был настольный фрезерный станок с ЧПУ MTM Snap, созданный студентами Джонатаном Уордом, Надей Пик и Дэвидом Меллисом в 2011 году. Корпус из прочного пластика HDPE с защелкой (вырезан из кухонных разделочных досок) на широкоформатном станке с ЧПУ Shopbot), этот 3-осевой станок работал на недорогом микроконтроллере Arduino и был способен точно фрезеровать все, от печатных плат до пенопласта и дерева, при этом он устанавливался на рабочем столе, был портативным и доступным.

В то время, хотя некоторые производители фрезерных станков с ЧПУ, такие как ShopBot и Epilog, работали над выпуском меньших и более дешевых настольных версий своих фрезерных станков, они все еще были довольно дорогими.

Вскоре после создания MTM Snap член команды Джонатан Уорд объединился с инженерами Майком Эсти и Форрестом Грином и специалистом по материалам Даниэль Эпплстоун для совместной работы над финансируемым DARPA проектом под названием MENTOR (Manufacturing Experimentation and Outreach), чтобы «заново изобрести класс магазина для людей». 21-го века."

Команда, работающая в Otherlab в Сан-Франциско, перегруппировала и пересмотрела дизайн станка MTM Snap с целью создания доступного, точного и простого в использовании настольного станка с ЧПУ, который они назвали Othermill, предшественником Bantam Tools. Настольный фрезерный станок для печатных плат.

Команда Other Machine Co. запустила успешную краудфандинговую кампанию в мае 2013 года. Через месяц, в июне, ShopBot Tools запустила кампанию (также успешную) для портативного станка с ЧПУ под названием HandiBot, который предназначался для непосредственного использования. места. Основное качество обоих станков заключалось в сопутствующем программном обеспечении - Otherplan и FabMo соответственно - предназначенном для создания интуитивно понятных и простых в использовании программ WYSIWYG, которые делают обработку с ЧПУ доступной для широкой аудитории. Очевидно, что, как свидетельствует поддержка обоих этих проектов, сообщество было готово к такому типу инноваций.

Продолжающаяся тенденция перехода от фабрики к настольным компьютерам:

Движение настольного цифрового производства усилилось с тех пор, как эти первые машины стали коммерческими в 2013 году. К станкам с ЧПУ теперь присоединяются все типы станков с числовым программным управлением, которые перешли от фабрики к настольным станкам, от станков для гибки проволоки до вязальных машин, вакуумных форм станки для гидроабразивной резки, лазерные резаки и многое другое.

Первоначальные производственные лаборатории, рожденные в Массачусетском технологическом институте, были разработаны с целью демократизации доступа к мощным, хотя и недорогостоящим, цифровым производственным машинам, вооружая яркие умы инструментами для воплощения своих идей в физическом мире, инструментами, которые были доступны только опытным специалистам, профессионалы в прошлом. Теперь революция в производстве настольных ПК продвигает этот доступ на один шаг вперед, резко снижая затраты при сохранении профессиональной точности, от производственной лаборатории до личной мастерской.

По мере того, как траектория продолжается, появляются новые интересные разработки по внедрению искусственного интеллекта (ИИ) в производство настольных компьютеров и цифровой дизайн. Как эти разработки продолжают влиять на производство и инновации, еще предстоит увидеть, но мы прошли долгий путь от тех времен, когда компьютеры размером с комнату и мощные производственные инструменты были привязаны исключительно к крупным учреждениям и компаниям. Власть теперь в наших руках.

3. Многоцелевые станки с ЧПУ.

Многоцелевой станок с ЧПУ – это высокотехнологическое и высокоавтоматизированное оборудование для обработок деталей имеющих сложную форму с разных сторон, с автоматической сменой рабочих инструментов. Такое оборудование для смены инструментов расположено на шпинделе. За одну установку оно может осуществить практически все механические обработки: фрезерование, сверление, точение и т.д.

Данной оборудование, как правило выпускают для обработок заготовок корпусов и тел вращения. Такие машины, как правило исполняются в виде фрезерно-сверлильно-расточных агрегатов, выполняющих большое количество координатных перемещений. Производительность такого оборудования в 6-8 раз выше, чем у обычных машин оснащенных ЧПУ. Это связано с сокращением дополнительного времени на переустановку и обработку деталей. Отсюда доля машинного времени составляет около 70% от общего процесса.

Сокращение вспомогательного времени становится возможным с помощью запрограммированных автоматических настроек инструментов и заготовок. Затем последовательно происходит процесс обработки детали, замена рабочих инструментов, перемещение заготовки, происходящее автоматически, выбор режимов резания и ряд заключительных операций. И все эти вспомогательные перемещения происходят при высоких скоростях.

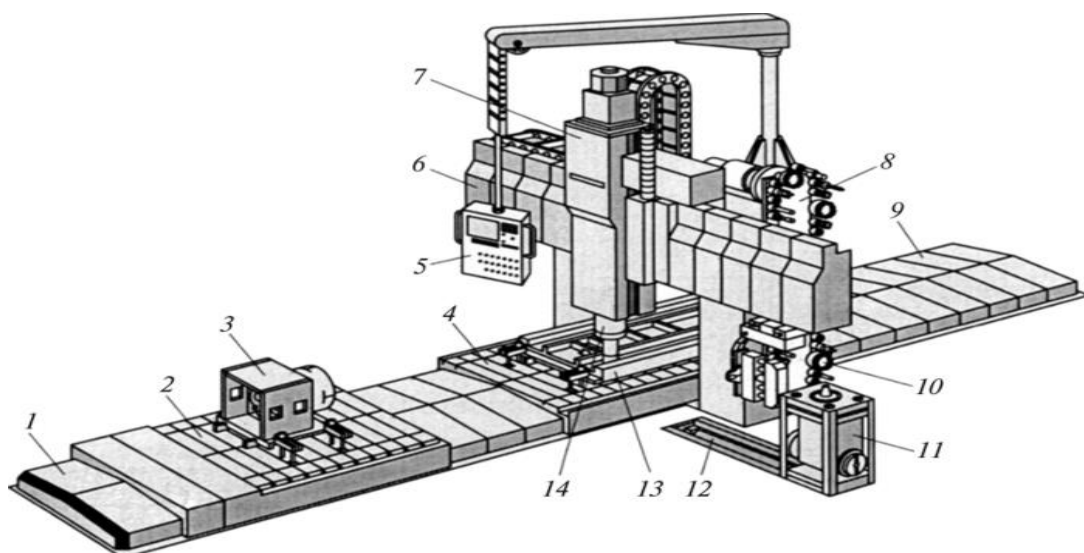
Машинное же время существенно сокращается благодаря оптимизации режимов резания, с помощью современных высокотехнологичных и высокопроизводительных режущих инструментов, высокой скорости вращения шпинделя, повышенной жесткости и виброустойчивых станков.

Многоцелевые машины такого типа оснащаются либо шпинделем, либо револьверными головками. В случае со шпинделем, инструменты находятся в специальных магазинах, в которых присутствует ячейки, число которых может достигать 138. Инструменты сменяются автоматически по заранее заложенной программе непосредственно в самом шпинделе, на это действие требуется около 5-6 секунд. С револьверными головками процесс замены инструментов происходит быстрее, 2-3 секунды, за счет поворота револьверной головки.

По классификации многоцелевые станки подразделяются на:

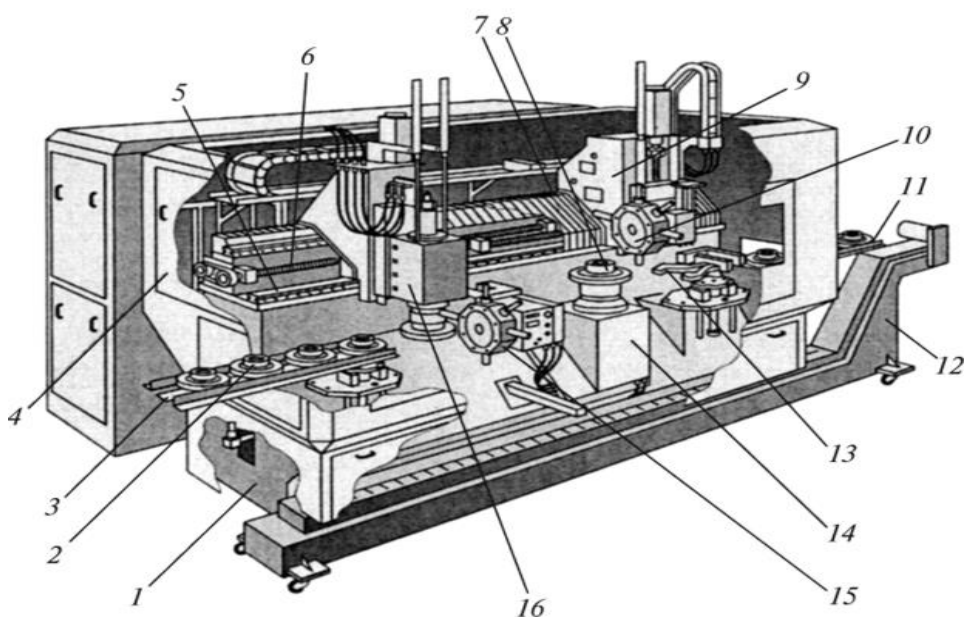
- обрабатывания корпусных и плоских заготовок;
- обрабатывания заготовок по типу тел вращения.

Первые представляют собой оборудование для сверления, фрезерования и растачивания, вторые же смесь токарных и шлифовальных оборудований. Однако распространены на производствах станки первого типа.



Двухшпindelный многоцелевой станок с вертикальным и горизонтальным расположением шпинделей для обработки корпусных заготовок:

1,6,9 – телескопические защитные щитки направляющих станка; 2,4 – столы; 3,13 – заготовки; 5 – подвесной пульт; 7 – вертикальная шпиндельная бабка; 8,10 – цепные магазины инструментов; 11 – горизонтальная шпиндельная бабка; 12 – направляющие горизонтальной шпиндельной бабки; 14 – вертикальный шпиндель.



Многоцелевой станок вертикальной компоновки для двухсторонней обработки заготовок типа тел вращения:

1 – станина; 2 – заготовка; 3 – подводящий конвейер; 4 – защитный кожух рабочей зоны; 5 – роликовые направляющие; 6 – шариковый ходовой винт; 7 – защитное устройство направляющих и ходовых винтов; 8 – обработанная с одной стороны заготовка; 9 – суппорт револьверной головки; 10 – револьверная головка; 11 – отводящий конвейер; 12 – транспортер стружки;

13 – автооператор выгрузки готовой детали; 14 – стационарная шпиндельная бабка с противошпинделем; 15 – стационарная револьверная головка; 16 – подвижная шпиндельная головка.

По видам компоновки бывают двух типов:

- вертикальные;
- горизонтальные.

Вертикальные многоцелевые станки с ЧПУ используются при обработках с массивными заготовками, с заготовками, которые нужно обработать лишь с одной стороны. В данных машинах благодаря специализированным приспособлениям обработка детали становится возможным одновременно с нескольких сторон. Этому становится возможным также благодаря автоматическим головкам, в которых шпинделя располагаются самым различным способом. В комплектацию данных станков часто входит крестовый стол, в котором шпиндельная бабка перемещается вертикально.

Горизонтальные многоцелевые станки с ЧПУ предназначены для обработок заготовок с 2-4, а в некоторых случаях и 5 сторон. В случае обработки с пятью сторонами шпиндельная головка имеет возможность проворачиваться как в вертикальной, так и в горизонтальной оси. Данные агрегаты в большинстве своем изготавливают на подобии горизонтальных консольно-фрезерных и горизонтально-расточных. В них также имеется крестовый поворотный стол, с вертикально перемещающейся шпиндельной бабкой.

4. Как программируются станки с ЧПУ

Программирование станков с ЧПУ является важнейшей задачей в современном машиностроении. Такой процесс в купе с повышением требований к качеству обработки заготовок переналадки производства предприятий постепенно вытесняют машины с ручным управлением в сферу ремонтных работ, бизнеса и хобби. Программирование заключается в создании взаимосвязанной системы для последовательности команд, представляющих собой код, алгоритм движения составных частей машины, режущего инструмента и самой детали. Само программирование для данных машин не является сверхсложной задачей и не вызывает особых затруднений. Однако следует учитывать, что создавать программы управление нужно для того, чтобы максимально эффективно использовать эти машины. Самым распространенным языком программирования для такого рода станков является ISO 7 bit, или же язык G и M кодов. G-коды, называют подготовительными и они определяют вид работ выполняемых на станки. Коды M именуются вспомогательными и их предназначения заключается в управлении режимами работы станка.

Основные коды:

Код (функция)	Назначение и пример кадра с кодом
Осевое перемещение	
G00	Ускоренный ход – перемещение на очень высокой скорости в указанную точку G00 X10. Y20. Z25.
G01	Линейная интерполяция – перемещение по прямой линии на указанной скорости подачи G01 X10. Y20. F100
G02	Круговая интерполяция – перемещение по дуге по часовой стрелке на указанной скорости подачи G02 X10. Y20. R10. F100
G03	Круговая интерполяция – перемещение по дуге против часовой стрелки на указанной скорости подачи G03 X10. Y20. R10. F100

Настройка	
G20	Ввод дюймовых данных G20 G00 X10. Y20
G21	Ввод метрических данных G21 G00 X10. Y20
G90	Абсолютное позиционирование – все координаты отсчитываются от постоянной нулевой точки G90 G00 X10. Y20
G91	Относительное позиционирование – все координаты отсчитываются от предыдущей позиции G91 G00 X10. Y20
Обработка отверстий	
G81	Цикл сверления G81 X10. Y20. Z-5. F30
G82	Цикл сверления с задержкой на дне отверстия G82 X10. Y20. Z-5. R1. P2. F30
G83	Прерывистый цикл сверления G83 X10. Y20. Z-5. Q0.25 R1. F30
G85	Цикл растачивания отверстия G85 X10. Y20. Z-5. F30
Вспомогательные коды (функции)	
M00	Запрограммированный останов – выполнение программы временно прекращается
M01	Запрограммированный останов по выбору – выполнение программы временно прекращается, если активирован режим останова по выбору
M03	Прямое вращение шпинделя – шпиндель вращается по часовой стрелке
M04	Обратное вращение шпинделя – шпиндель вращается против часовой стрелки
M05	Останов шпинделя
M06	Автоматическая смена инструмента M06 T02
M08	Включение подачи охлаждающей жидкости
M09	Выключение подачи охлаждающей жидкости
M30	Конец программы, перевод курсора к началу программы

Программирование возможно осуществлять 3 способами:

- Ручную;
- С помощью пульта управления ЧПУ;
- С помощью CAD/CAM систем.

Ручное программирование. Оно является довольно трудоемким занятием. Оно в основном применяется для простых работ в плане обработки заготовок и распространено на маленьких предприятиях. При ручном программировании программы пишутся на собственном компьютере имеющий текстовый редактор. Программа должна содержать в себе координаты для передвижения инструментов, и соответствующие G и M коды, в виде файла. Затем программу переносят на ЧПУ станок с помощью специальных компьютерных портов, и подгоняют файл в соответствующий формат. Особой сложности для понимания такой способ собой не представляет. Каждый оператор-программист, работающий на любых предприятиях, обязан иметь хорошее представление о работе с ручным программированием, т.к. оно является своеобразной базой, дающей последующий рост для дальнейшего обучения. Однако этот процесс вызывает некоторые затруднения и требует скрупулезной точности при написании программ.

Тем не менее в нашей стране все еще довольно много предприятий с такого рода оборудования, а продукцию, которую они изготавливают просто по исполнению, то компетентный программист-технолог способен работать автоматизированных средств и иметь высокую производительность.

Программирование на пульте управления ЧПУ:

Данный метод стал набирать популярность в последние годы. Он также позволяет выполнить все вышеперечисленные операции для ручного управления. Нынешние станки с числовым программным управлением почти всегда оборудуются дисплеем и клавиатурой, и программирование производится за самим станком, что значительно облегчает возможность написания программ для данной модели на ней самой. Это связано развитием систем ЧПУ, улучшением их интерфейса, оптимизации и их возможностей.

Запрограммировать станки можно также с помощью G и M кодов, а также в диалоговом режиме. Машины с такой системой также дают возможность протестировать разработанную программу, благодаря дисплею на котором показывается имитация процесса обработки. Современные машины позволяют значительно увеличить эффективность и производительность предприятия. Некоторых системы ЧПУ имеют язык программирования, основанный на диалогах, упрощающий процесс изготовления программы и облегчающий работу для оператора машины.

Программирование с использованием CAD/CAM систем:

Данный метод, благодаря использованию высокотехнологичных CAD и CAM систем, позволяет внушительно улучшить процесс создания программ для обработки заготовок на довольно высокий уровень. Эти специальные системы позволяют получить высокую производительность, в отличии от двух предыдущих способов. Работа CAM систем заключается в получении эскиза детали, CAD системы предполагают выбор станка, приспособлений,

инструментов и режимы обработок. Здесь также можно увидеть виртуальный процесс обработки заготовки для дальнейших правок. Работа с этими системами освобождает операторы станков от сложных и требующих время расчетов, значительно повышающее скорость написания программ для машин.

Делая выводы, можно сказать, что заниматься программированием станков ЧПУ вручную не является чем-то невозможным и не требует какого-то специализированного образования. Эту работу могут выполнять и непрофессионалы, за счет простого языка ISO 7 bit. Все трудоемкие операции на себя может взять САМ и САД системы. Небольших усилий достаточно для написания программ для нескольких станков, выполняющих классические операции обработок заготовок с простыми формами.

Порядок написания программы:

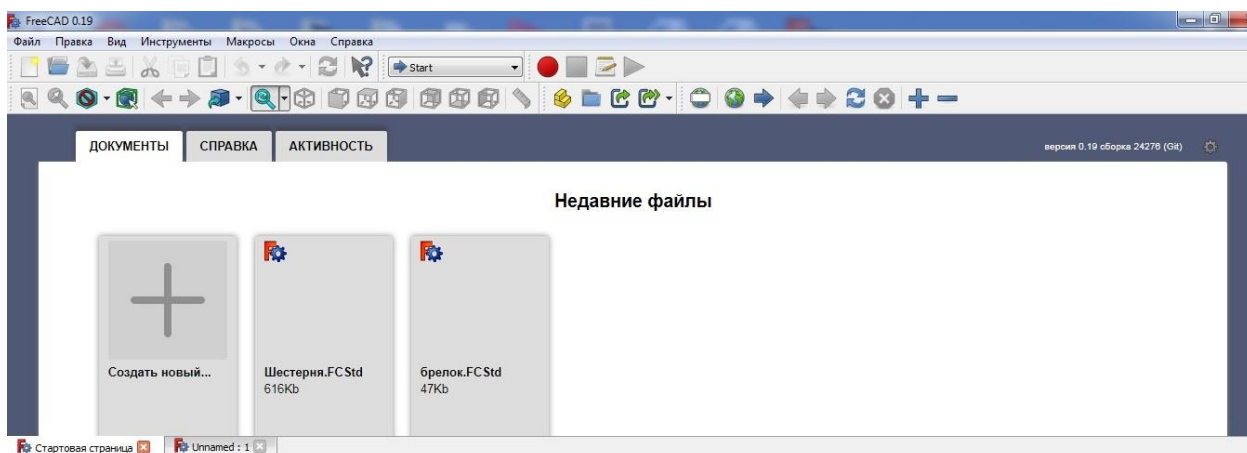
В целом написания программы для станка ЧПУ, во всех трех случаях кардинально не отличаются друг от друга. В целом написания программы состоит из последовательных действий, выполняются они технологом или же автоматически.

Для подготовительного этапа следует выполнять следующие действия:

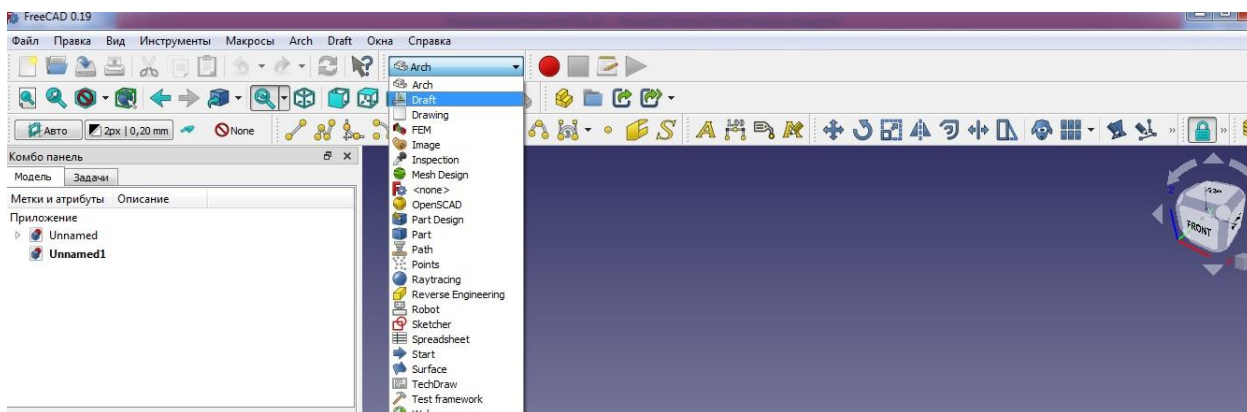
- задать параметры для заготовки (в САМ системах задаются материал заготовки, его твердость и его габариты);
- задать систему координат и нулевые точки;
- задать поверхности для обработки, числа проходов и глубину резания;
- выбор режущих инструментов;
- задать режимы резания, их скорость;
- для САМ систем выбирается станок.

5. Проектирование и обработка различных деталей в программе FreeCAD

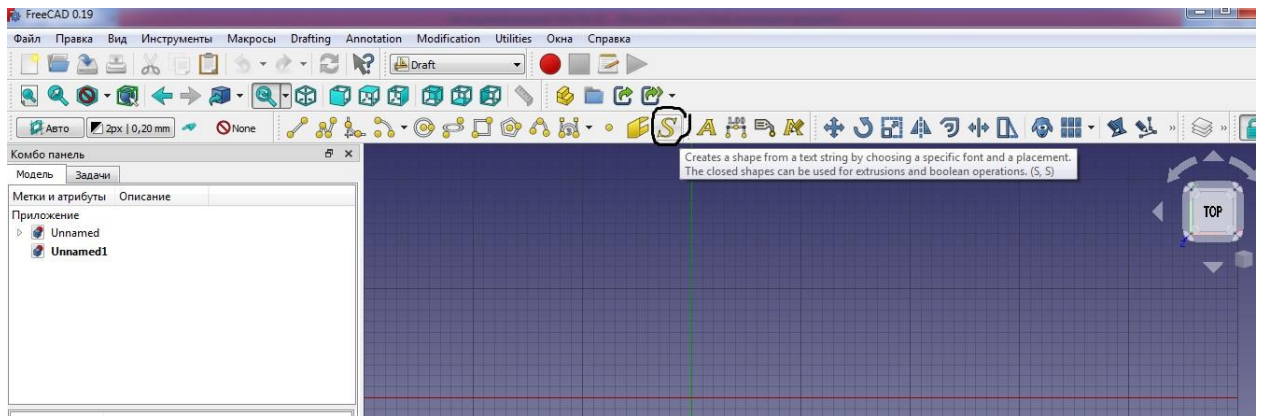
Для осуществления работы в CAD/CAM системах, есть различное количество программ. Каждый использует удобное и подходящее для себя приложение. Мы использовали программу FreeCAD. Эта программа позволяет моделировать разные детали различной сложности. В качестве примера можно сделать небольшой сувенир. Открываем программу FreeCAD. В появившемся окне, выбираем “Создать новый ...”



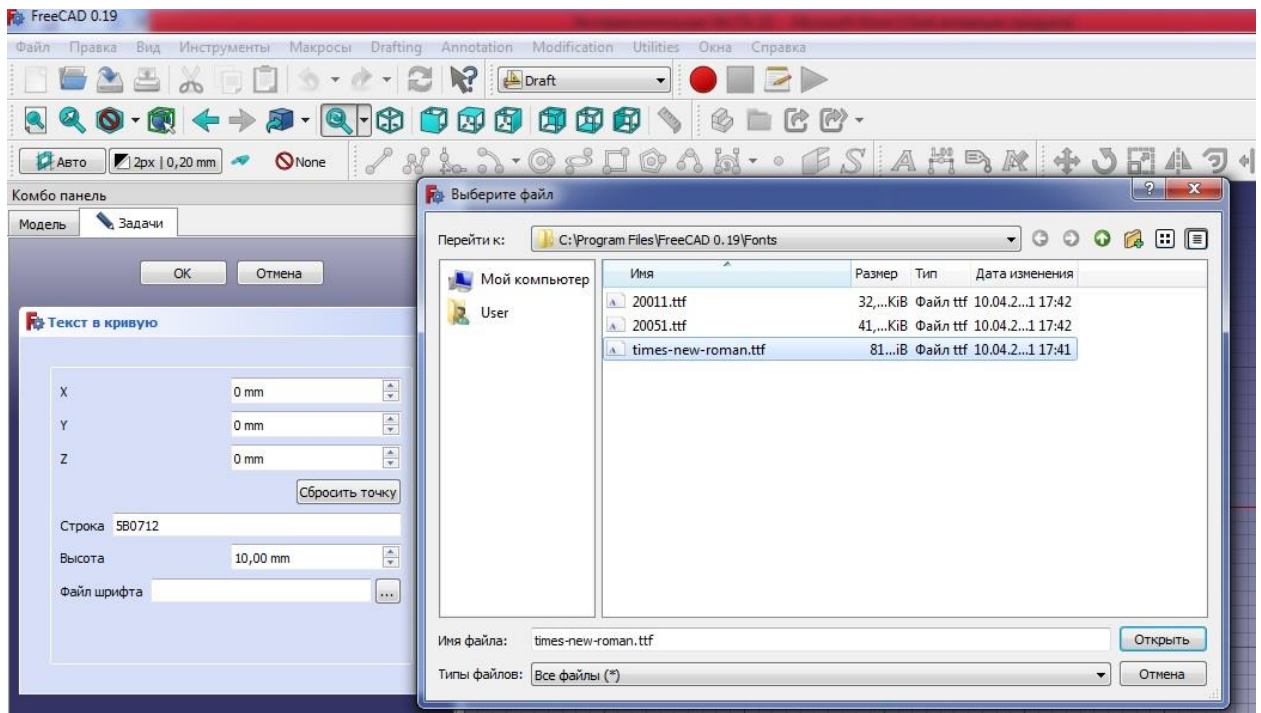
Заходим в “Переключение верстака” – “Draft”



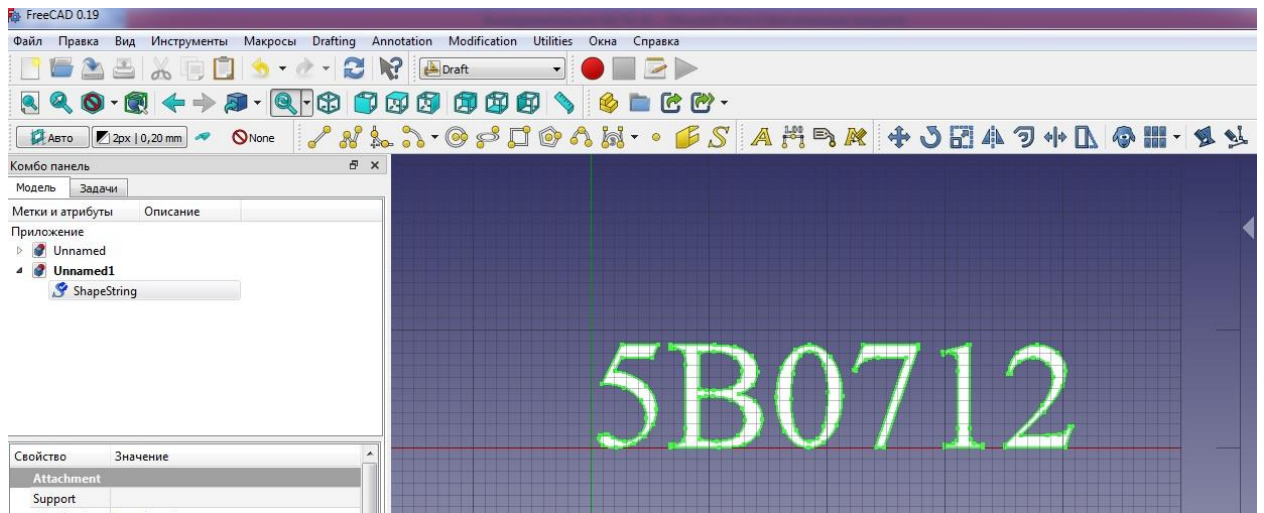
Нажимаем на ниже представленную иконку



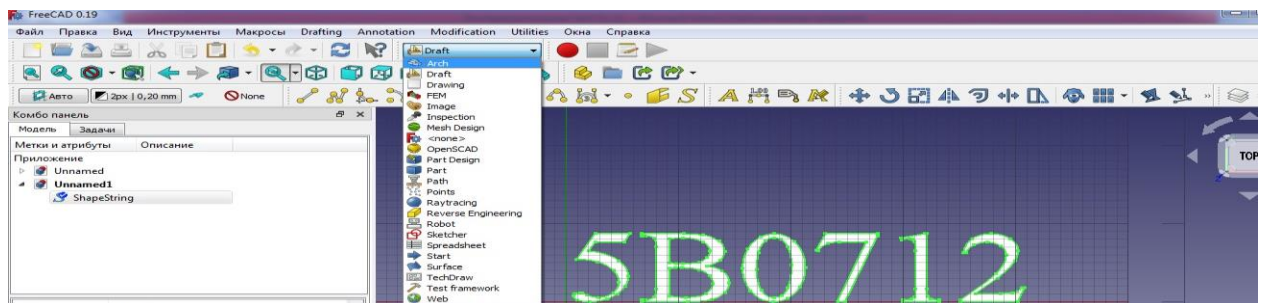
Выбираем координаты $X, Y, Z = 0$, высота = 10мм. В строке записываем наш текст. Далее из библиотеки загружаем наш шрифт. Мы заранее загрузили шрифт и добавили в библиотеку и нажимаем ОК.



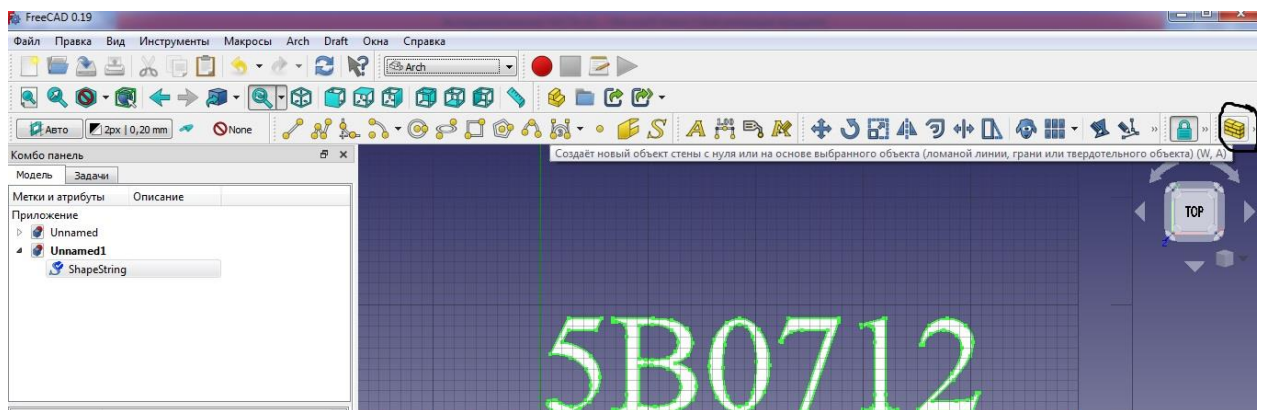
Получилась вот такая надпись.



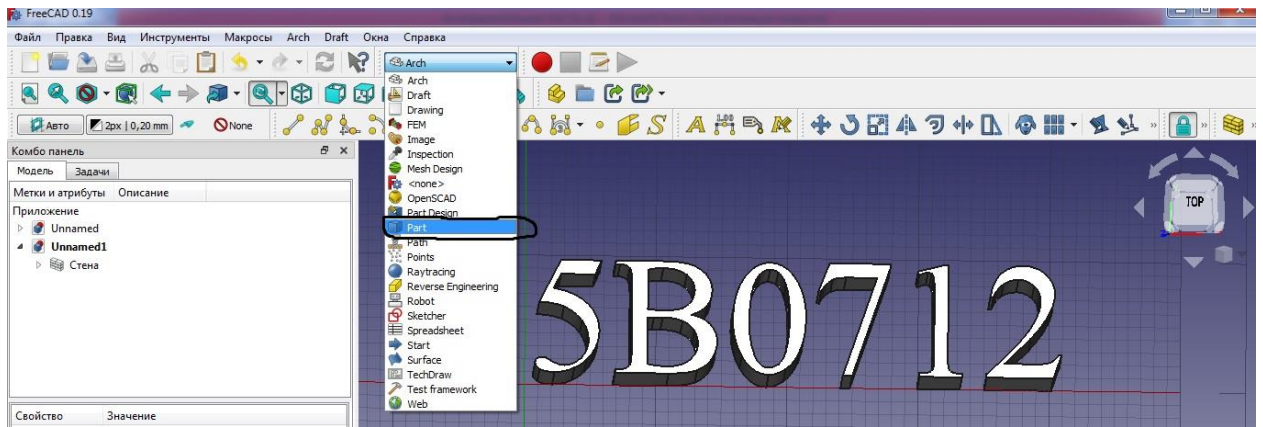
Теперь нам нужно эту надпись сделать объемным. Заходим в “Переключение верстака” – “Arch”.



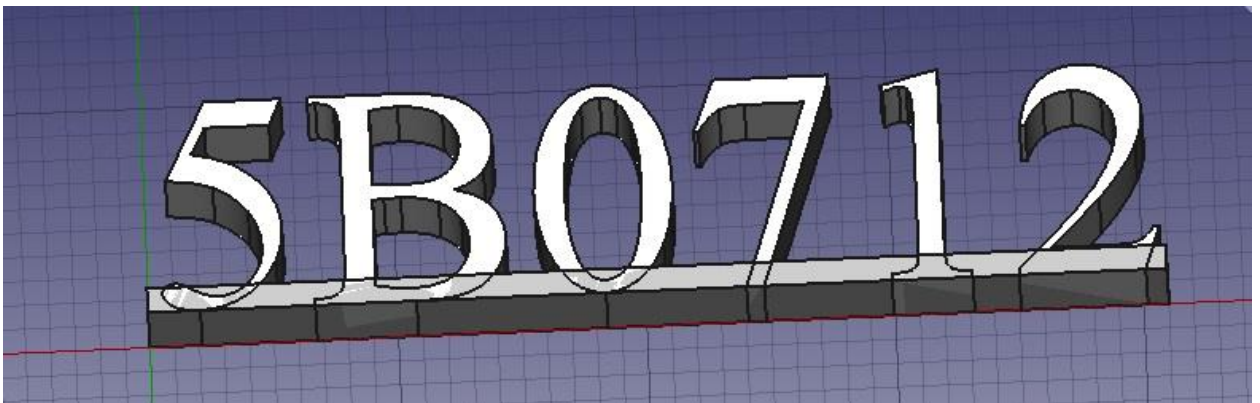
Нажимаем на ниже представленную иконку.



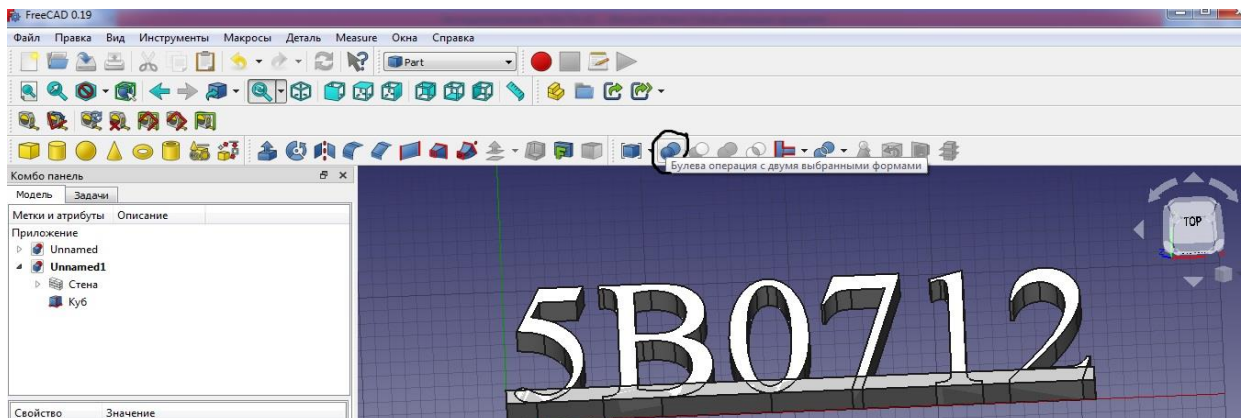
Далее задаем Высоту = 5 мм. После “Переключение верстака” – “Part”



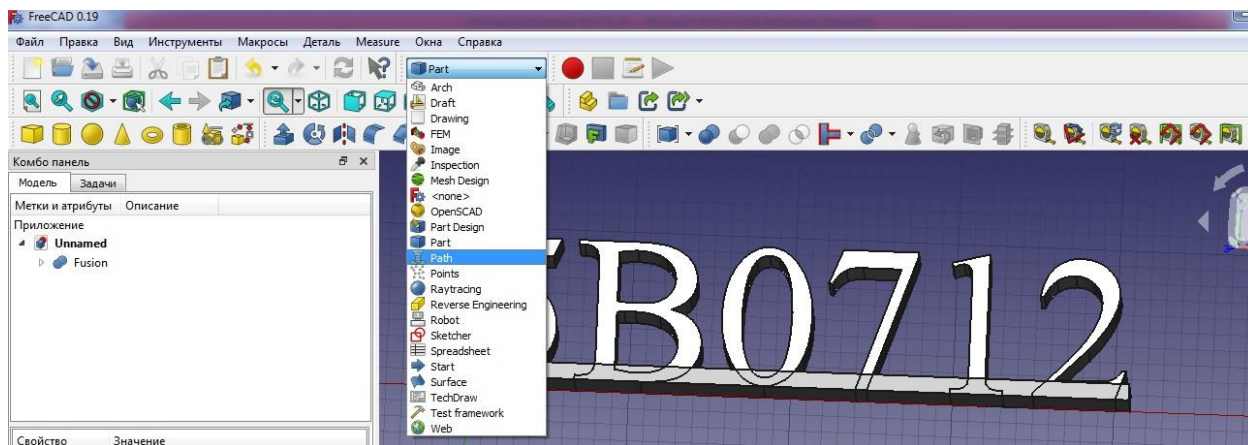
Нам нужно создать основу для надписи. Выбираем “Создать твердотельный куб”. Вводим наши параметры. Получилось вот так.



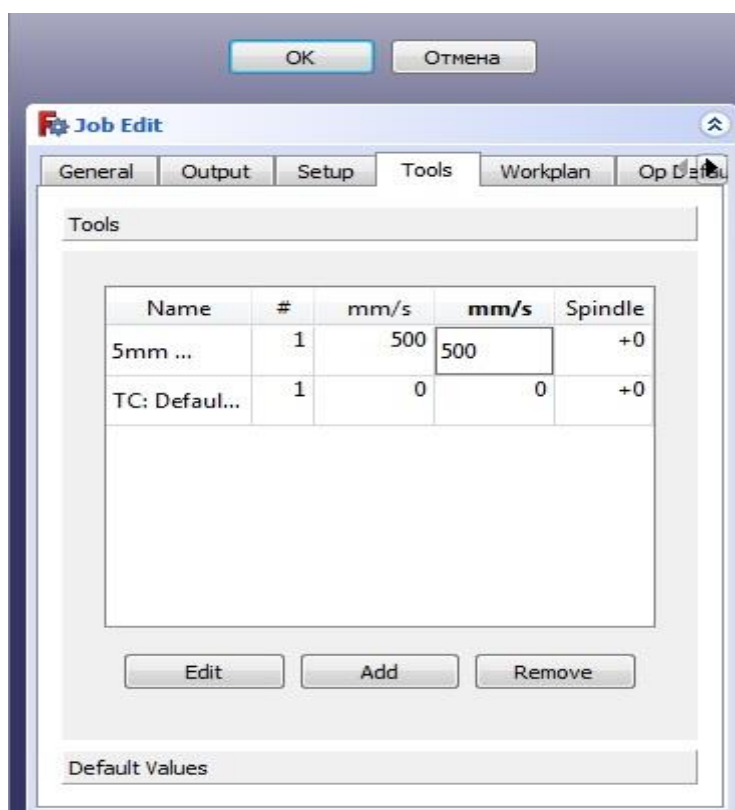
Далее нужно объединить эти тела. Нажимаем на нижеуказанную иконку.



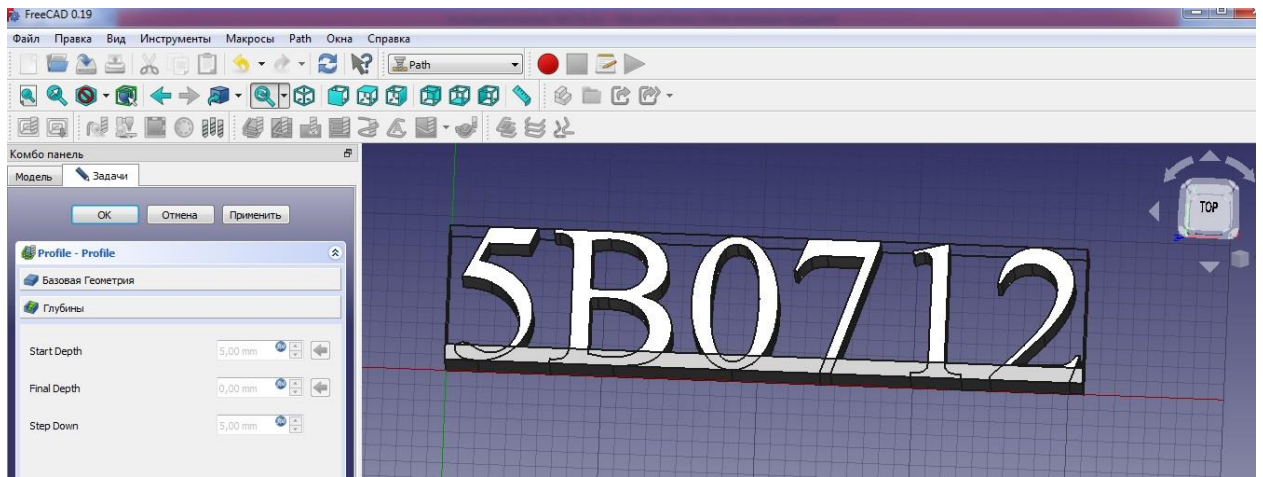
После переходим в “Переключение верстака” – “Path”



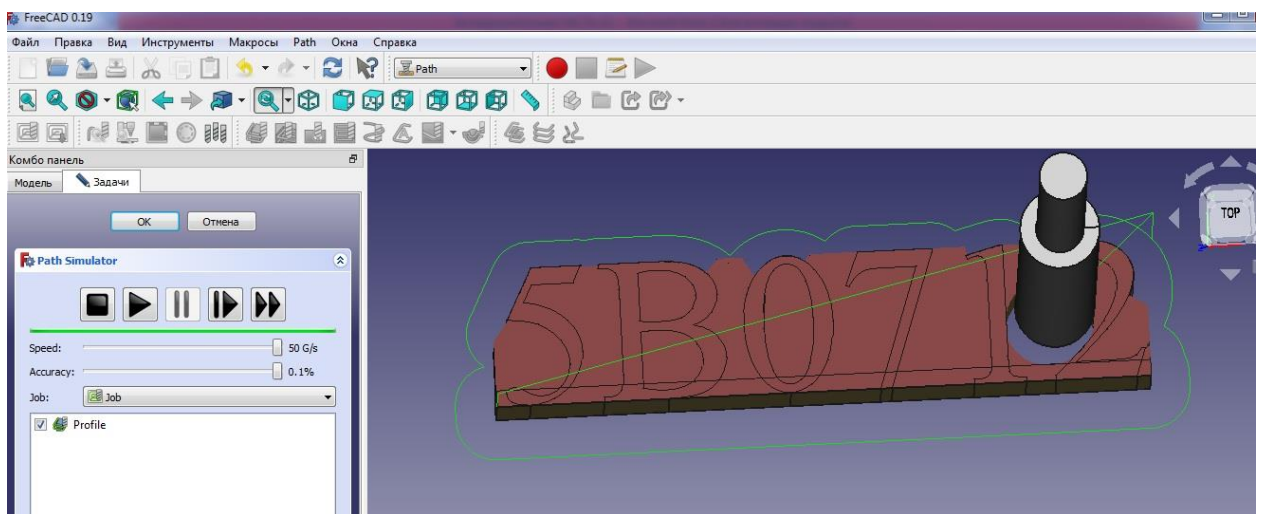
Далее выбираем “Создать объект”, заходим в “Tools”, добавляем наш инструмент. Вводим параметры скорости.



После переходим в “Обработать всю модель, выбранные грани или выбранные края” – задаем “Глубину”. Нажимаем “ОК”



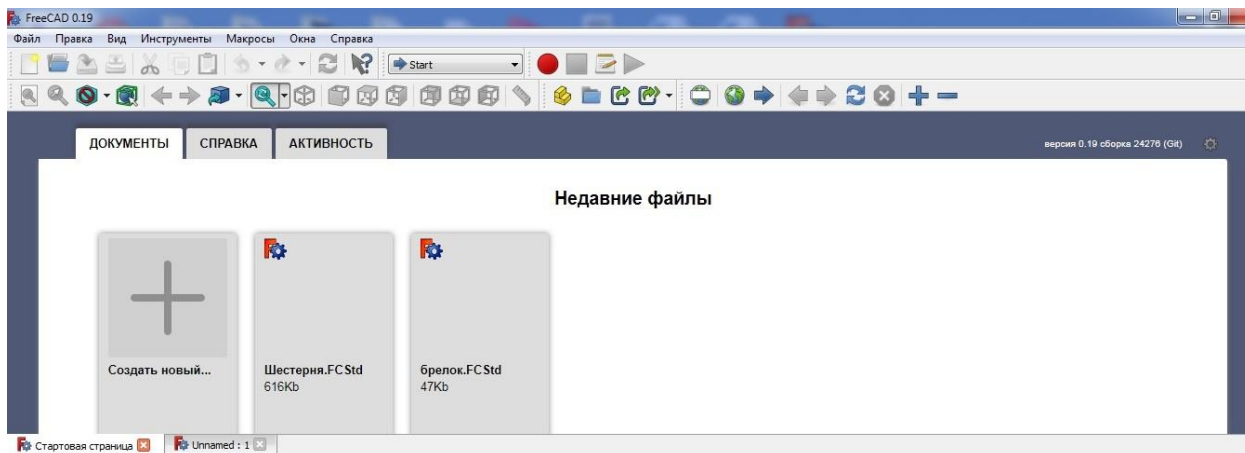
Далее можно запустить симуляцию.



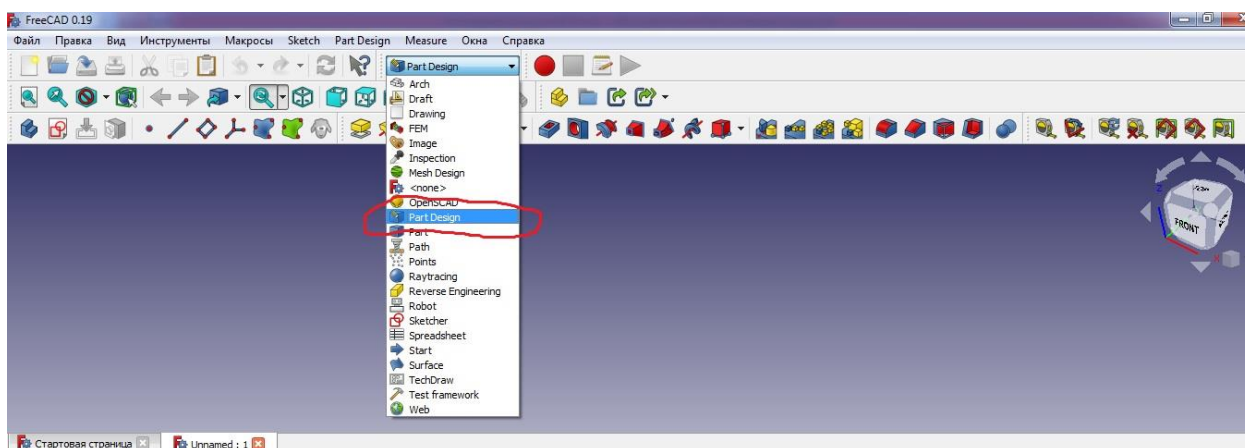
Нажав на иконку “Проверить содержимое G-кода”, можно посмотреть на сам G-код.

Рассмотрим более сложную деталь – “Шестерня”.

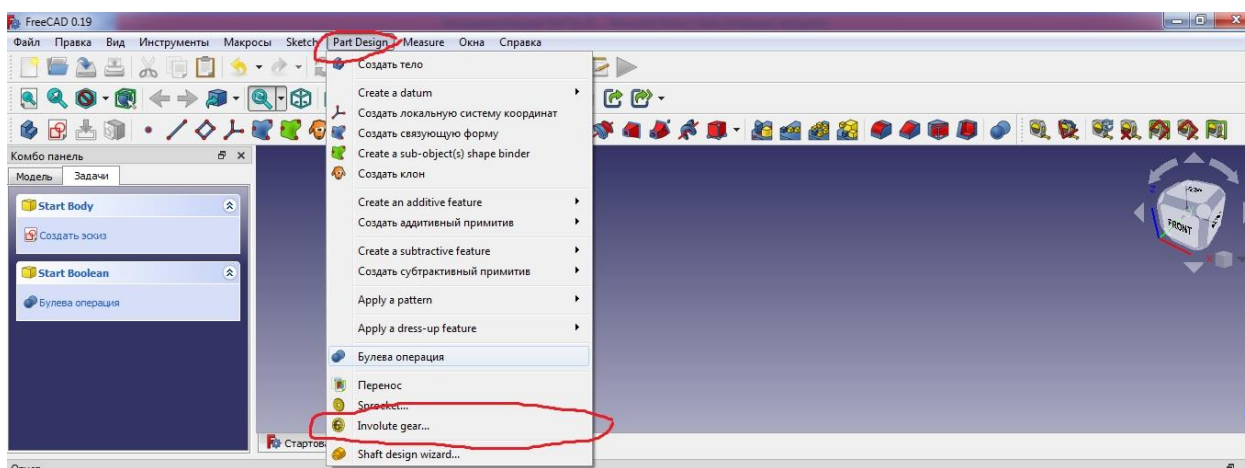
В появившемся окне, выбираем “Создать новый...”



Далее выбираем: Переключение верстака – Part Design

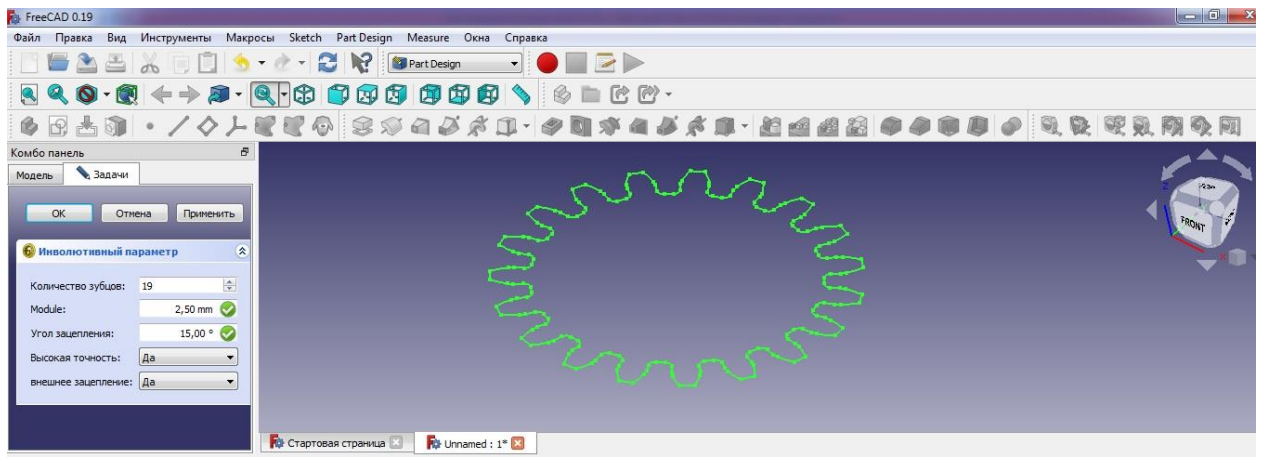


Далее заходим в: Part Design и выбираем – Involute gear

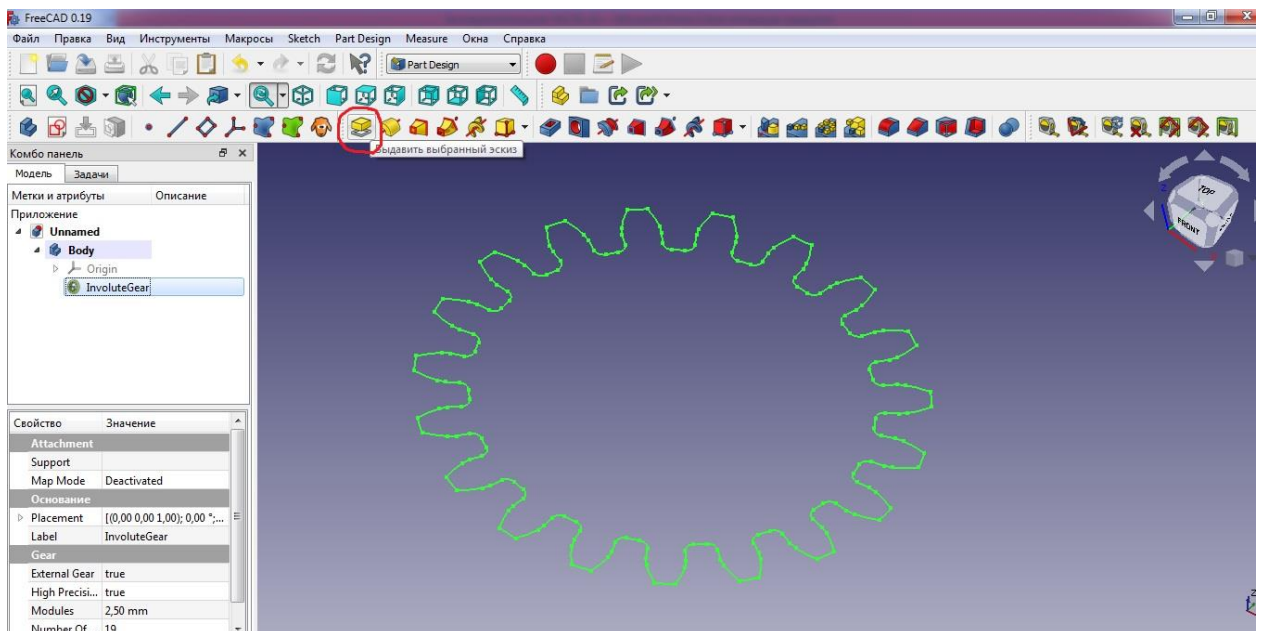


Затем вводим Инволютивный параметр. Для нашей шестерни: Модуль $m=2,5$;

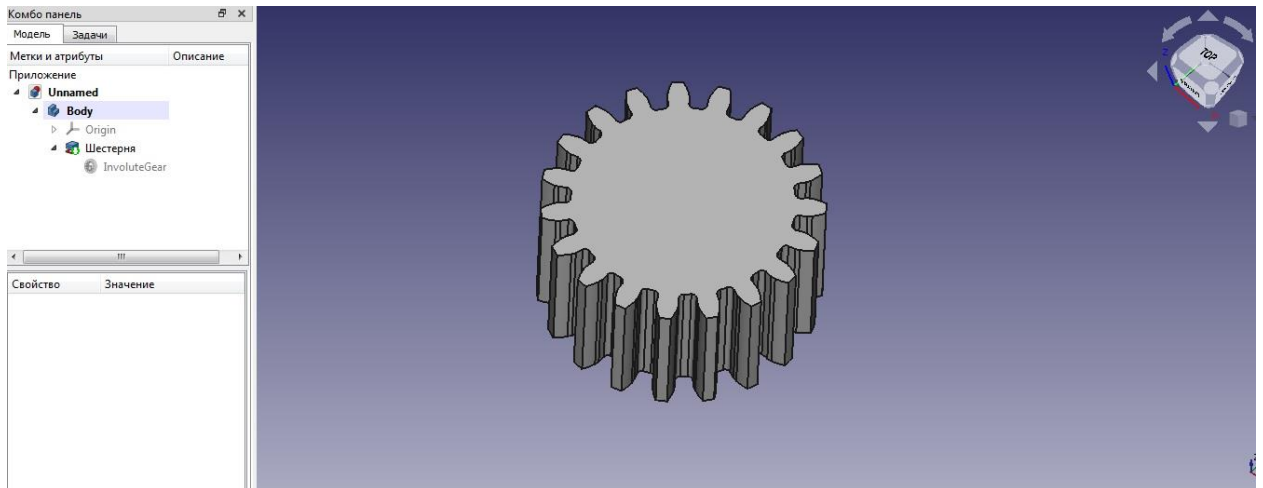
Число зубьев $z=19$; Угол зацепления - 15 градусов; Делительный диаметр $d=47,5$; Ширина $b=27$.



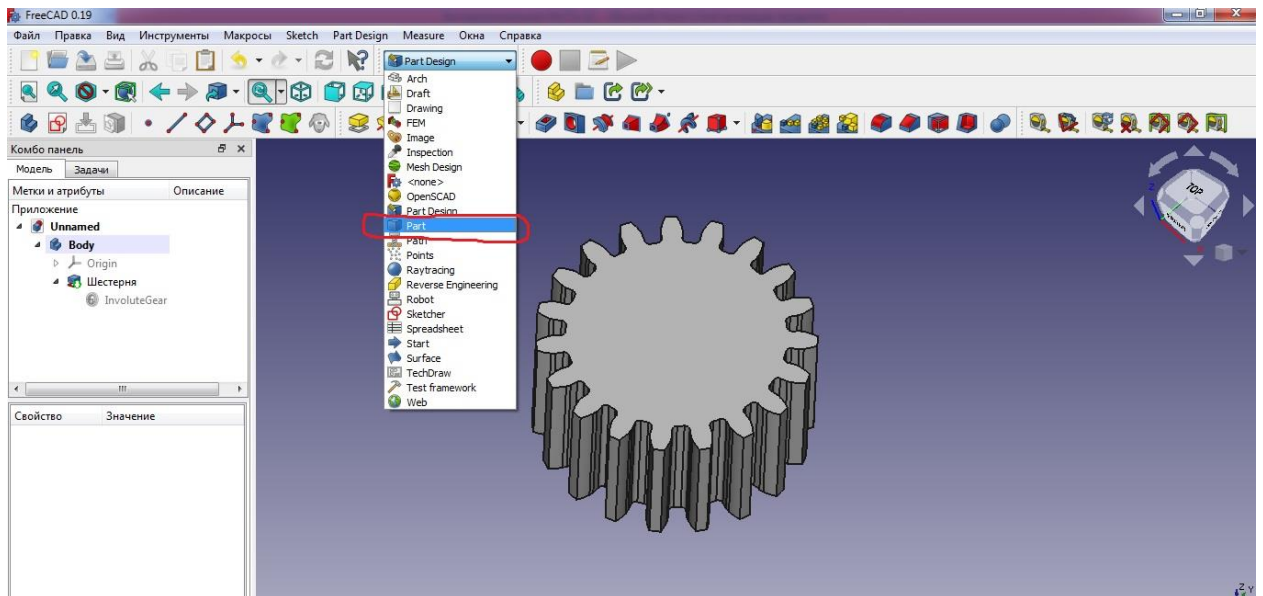
После того, как ввели данные, полученный эскиз нужно выдавить. Выбираем функцию “Выдавить выбранный эскиз”. Задаем длину выдавливания, в нашем случае 27 мм.



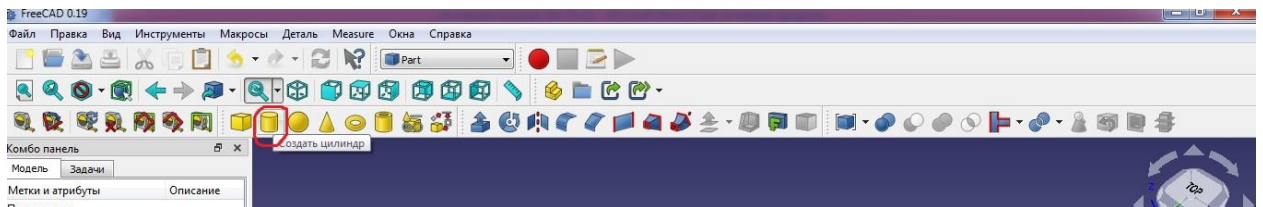
Получилась вот такая модель:



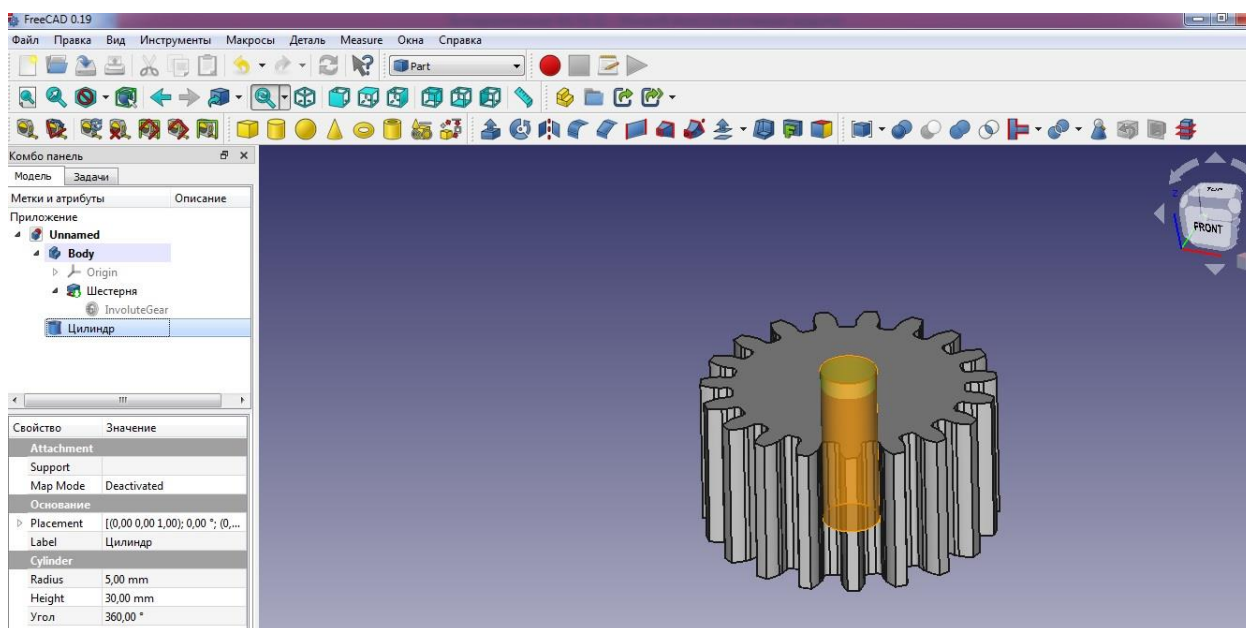
Теперь нам необходимо сделать отверстие. Для этого выбираем “Переключение верстака” – “Part”



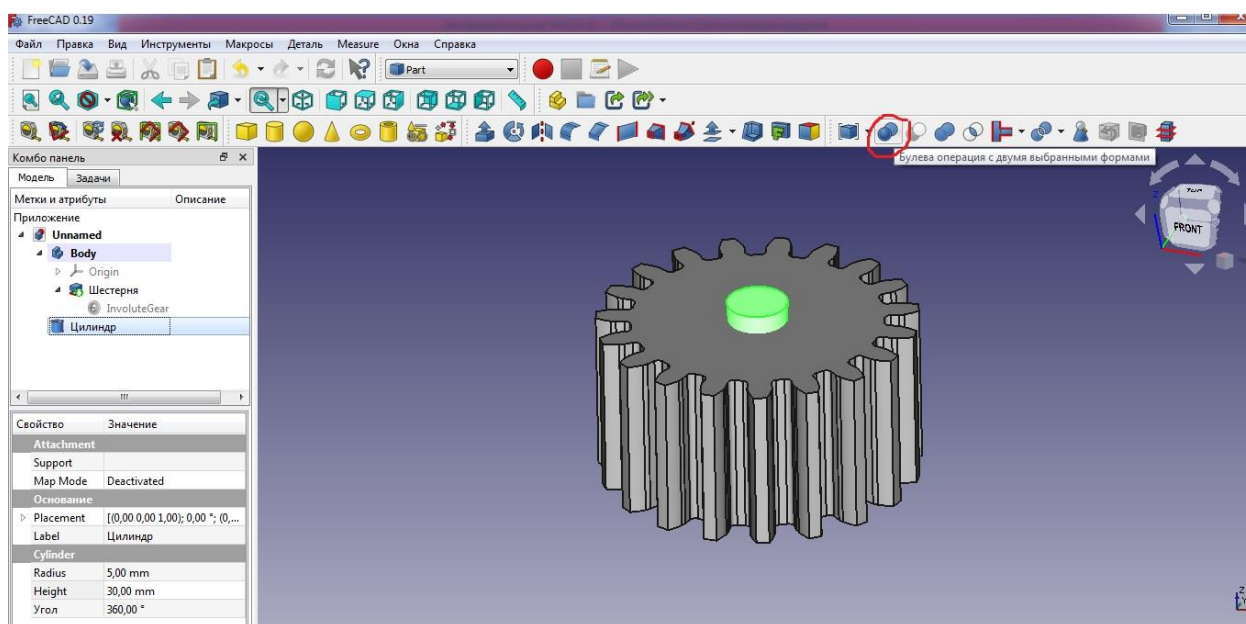
После того как переключились на “Part”. Выбираем функцию – “Создать цилиндр”.



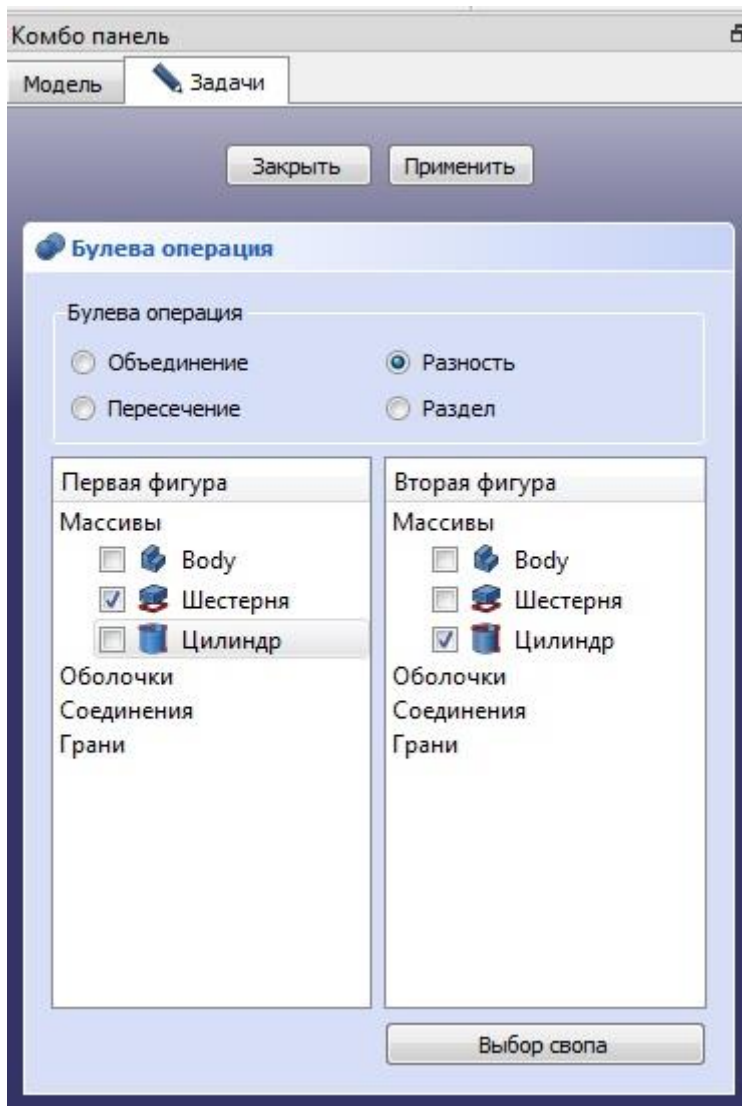
После того, как “Создали цилиндр”. Вводим наши параметры. Радиус $R=5\text{мм}$, Высоту $h=30$ (можно и больше).



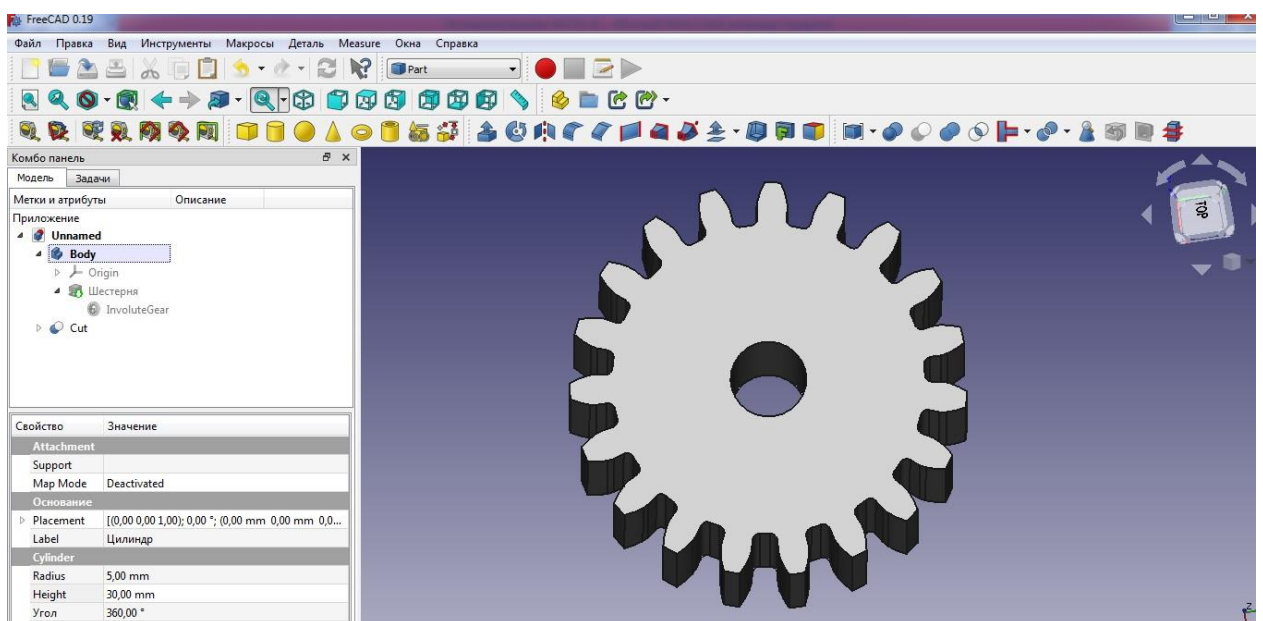
Далее нужно вычисть от Шестерни – Цилиндр. Для этого используем функцию “Булева операция с двумя выбранными формами”



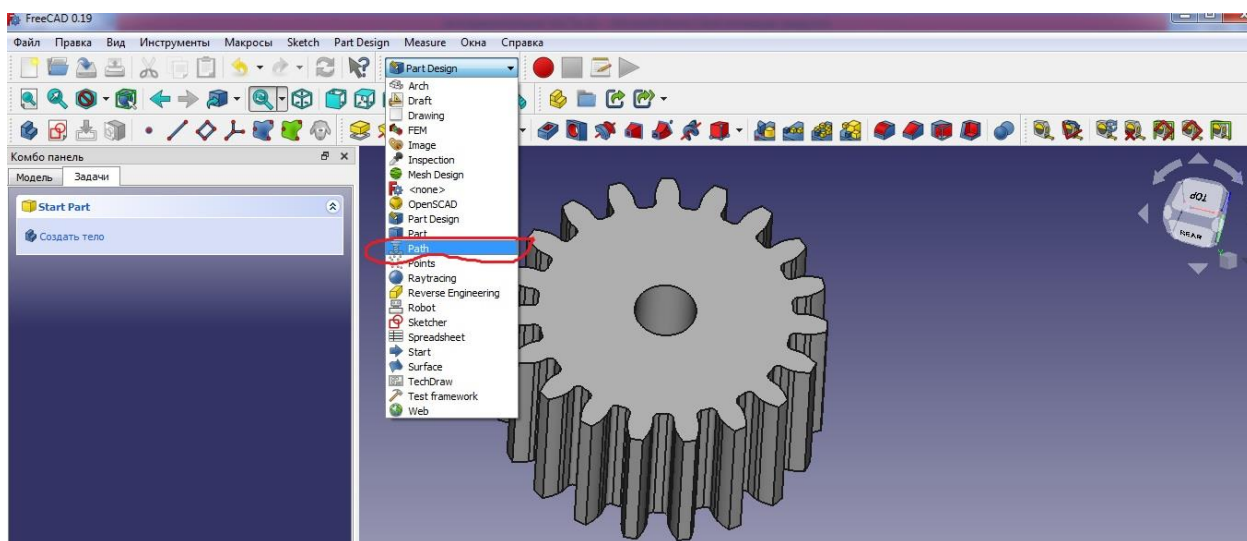
После выбранной операции, выбираем параметры с картинки.



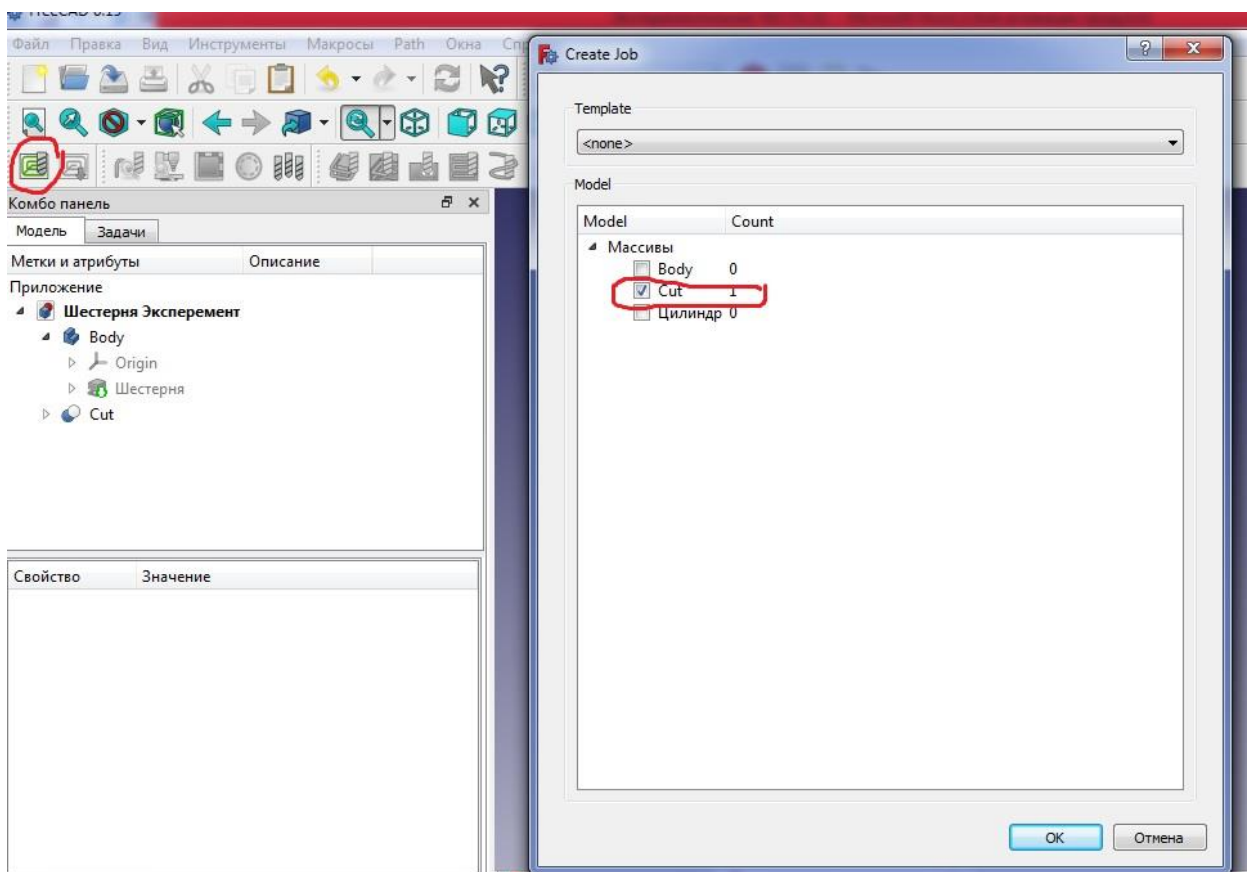
Нажимаем “Применить” и получаем готовую деталь.



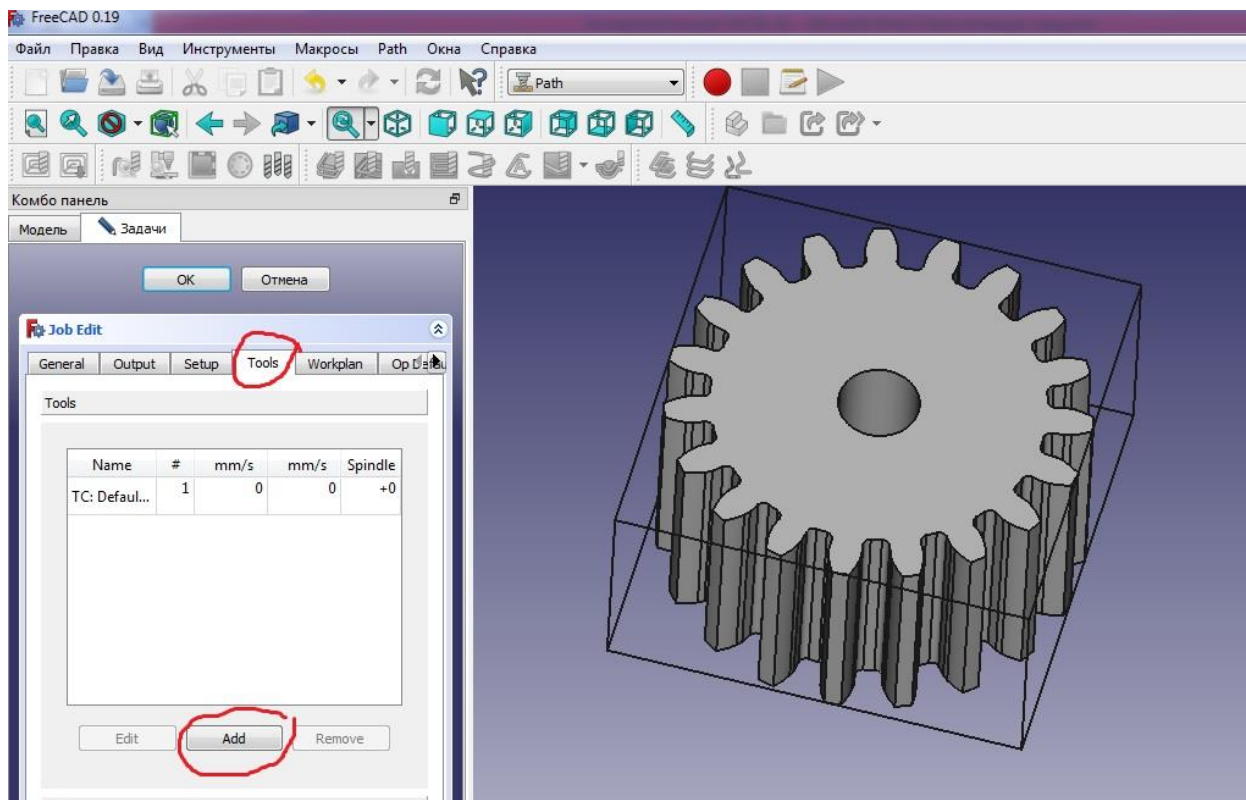
Далее для получения G-кодов, нам необходимо перейти в “Переключение верстака” – “Path”



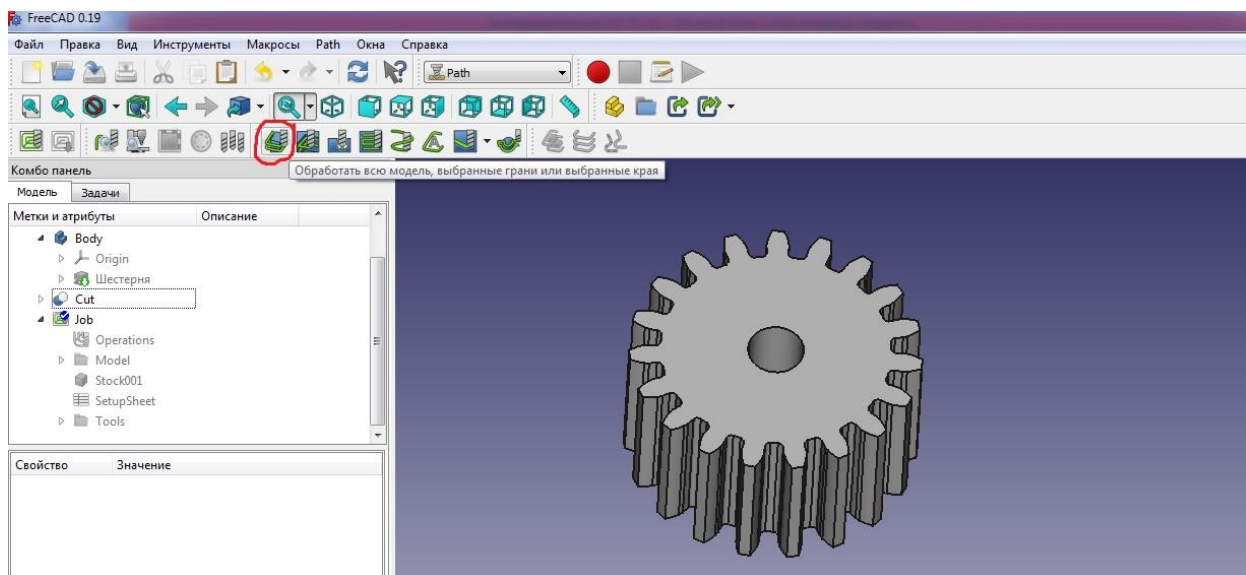
Выбираем: “Создать объект Создания пути(P,J)”. Ставим галочку, как показано ниже.



Далее добавляем инструмент из библиотеки. У нас в библиотеке уже загружен необходимый инструмент. Выбираем: “Tools” – “Add”



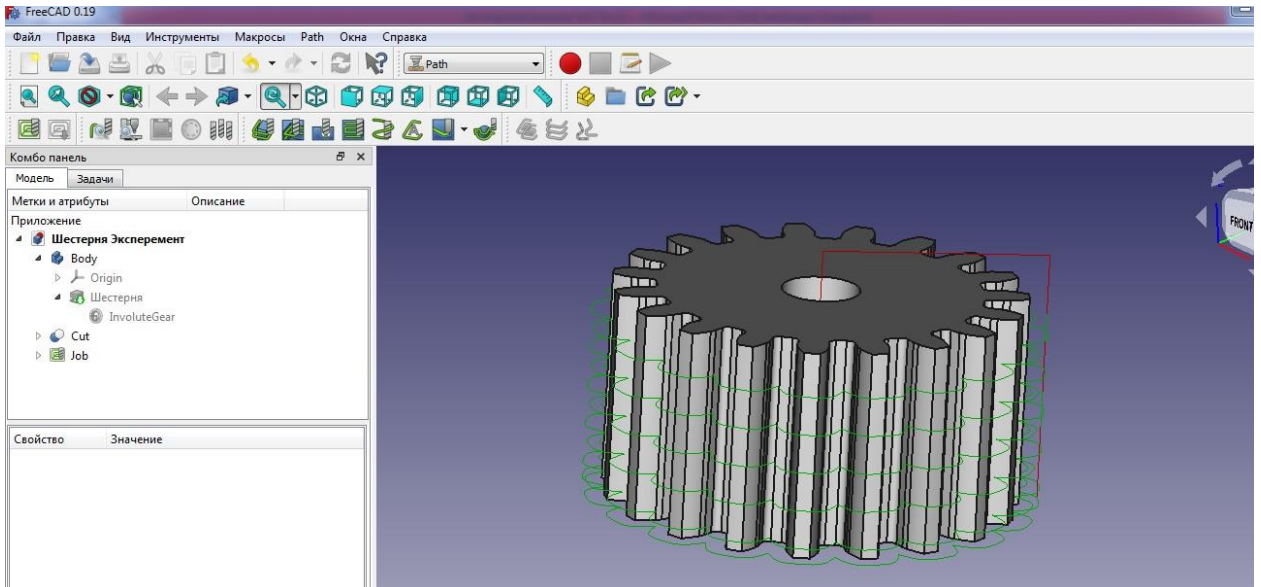
После добавления нашего инструмента, задаем параметр 500 мм/с. Нажимаем ОК. Далее выбираем – “Обработать всю модель, выбранные грани и выбранные края”.



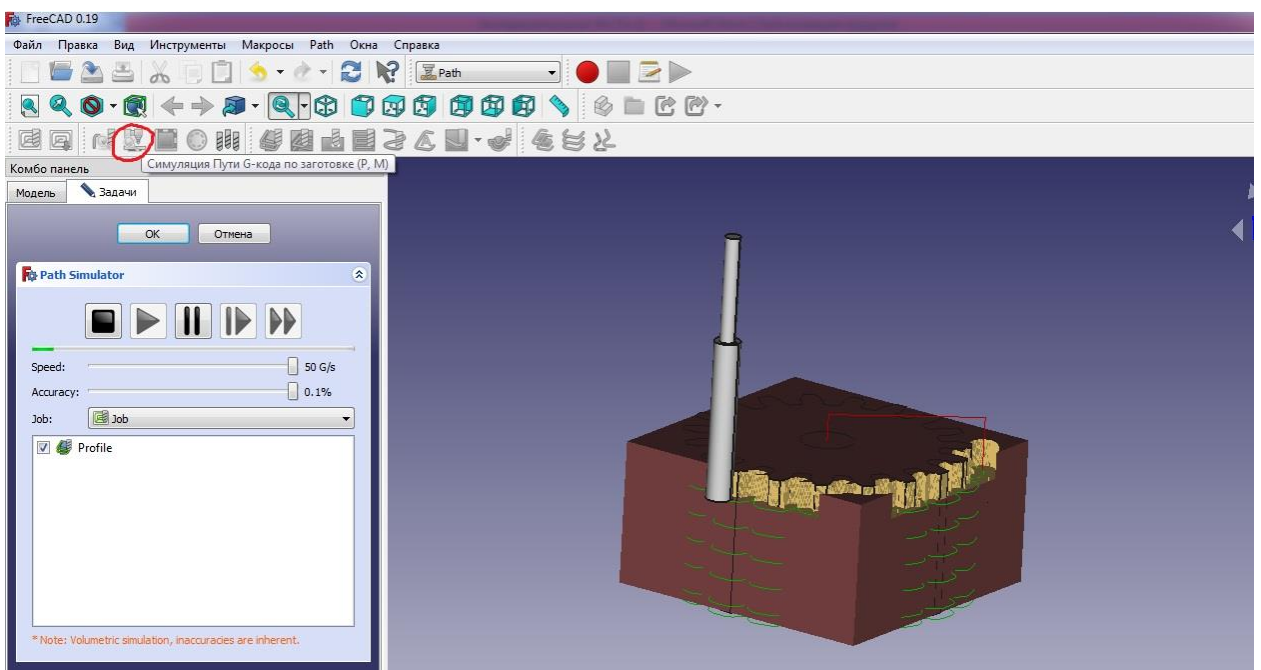
Выбираем наш инструмент



Вводим необходимую глубину и нажимаем “Применить” – “Ок”. На рисунке зеленым цветом указана траектория движения инструмента и количество заходов. В нашем случае количество заходов равняется 6.



Нажимаем на “Симуляция пути G-кода по заготовке”. С помощью этой функции, можно виртуально запустить процесс обработки заготовки. Вот так это выглядит.



Далее аналогичным путем, просверливаем отверстие на нашей детали. После завершения всех операций, копируем G-код. Заходим в “Проверить содержимое G-кода”.

Вот так выглядит непосредственно сам G-код.

```
(Profile)
(Compensated Tool Path. Diameter: 5.0)
G0 Z32.000000
G0 X21.537508 Y18.954303
G0 Z30.000000
G1 F500.000000 X21.537508 Y18.954303 Z22.000000
G2 F500.000000 I-1.485775 J-2.010590 K0.000000 X21.671295 Y18.848186
Z22.000000
G2 F500.000000 I-12.413155 J-11.777716 K0.000000 X23.365892
Y16.754082 Z22.000000
G2 F500.000000 I-2.018244 J-1.475363 K0.000000 X23.751768 Y14.592998
Z22.000000
G2 F500.000000 I-8.966565 J3.370859 K0.000000 X22.365439 Y12.107066
Z22.000000
G2 F500.000000 I0.694827 J-10.835109 K0.000000 X24.714217
Y12.002605 Z22.000000
G2 F500.000000 I-0.247328 J-2.487736 K0.000000 X26.617081 Y10.790281
Z22.000000
G2 F500.000000 I-15.564836 J-7.109036 K0.000000 X27.539905 Y8.259407
Z22.000000
G2 F500.000000 I-2.387939 J-0.740102 K0.000000 X27.203171 Y6.090123
Z22.000000
G2 F500.000000 I-7.386217 J6.099656 K0.000000 X25.084775 Y4.189025
Z22.000000
G2 F500.000000 I-2.860973 J-10.473638 K0.000000 X27.272372 Y3.327578
Z22.000000
G2 F500.000000 I-1.041693 J-2.272636 K0.000000 X28.678492 Y1.563081
Z22.000000
G2 F500.000000 I-17.029795 J-1.669955 K0.000000 X28.729542 Y-
1.130303 Z22.000000
G2 F500.000000 I-2.498864 J0.075361 K0.000000 X27.706687 Y-3.072712
Z22.000000
G2 F500.000000 I-5.005456 J8.167461 K0.000000 X25.085787 Y-4.182961
Z22.000000
G2 F500.000000 I-6.106753 J-8.977204 K0.000000 X26.875142 Y-5.708044
Z22.000000
G2 F500.000000 I-1.723175 J-1.811261 K0.000000 X27.632144 Y-7.833502
Z22.000000
```

G2 F500.000000 I-16.649355 J3.950108 K0.000000 X26.805888 Y-10.397528 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.338999 J0.882659 K0.000000 X25.207754 Y-11.902571 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.082275 J9.350191 K0.000000 X22.368365 Y-12.101658 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-8.690773 J-6.507938 K0.000000 X23.565574 Y-14.125111 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.217925 J-1.153608 K0.000000 X23.591425 Y-16.381203 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-14.464577 J9.142063 K0.000000 X21.977399 Y-18.538018 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-1.925667 J1.594305 K0.000000 X19.977170 Y-19.442601 Z22.000000
 G2 F500.000000 I1.066554 J9.519699 K0.000000 X17.226983 Y-18.708953 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-10.332971 J-3.333425 K0.000000 X17.702310 Y-21.011503 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.472327 J-0.370943 K0.000000 X16.994208 Y-23.153748 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-10.712411 J13.343344 K0.000000 X14.767318 Y-24.669627 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-1.303658 J2.133184 K0.000000 X12.581751 Y-24.875724 Z22.000000
 G2 F500.000000 I4.099795 J8.657573 K0.000000 X10.218790 Y-23.288843 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-10.855483 J0.202302 K0.000000 X9.920726 Y-25.620972 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.458815 J0.451919 K0.000000 X8.555405 Y-27.417225 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-5.799424 J16.098748 K0.000000 X5.956969 Y-28.127899 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-0.540379 J2.440899 K0.000000 X3.822901 Y-27.613176 Z22.000000
 G2 F500.000000 I6.688779 J6.857288 K0.000000 X2.103233 Y-25.345025 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-10.201617 J3.716111 K0.000000 X1.064078 Y-27.454012 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.178852 J1.225808 K0.000000 X-0.384238 Y-28.619086 Z22.000000
 G1 F500.000000 X-0.810508 Y-28.709619 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-0.257942 J17.109522 K0.000000 X-3.498909 Y-28.538077 Z22.000000

G2 F500.000000 I0.281458 J2.484106 K0.000000 X-5.350217 Y-27.358312
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I8.552926 J4.313900 K0.000000 X-6.240242 Y-24.654680
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-8.442232 J6.827208 K0.000000 X-7.907880 Y-26.311983
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-1.662776 J1.866863 K0.000000 X-10.088591 Y-
 26.890881 Z22.000000
 G2 F500.000000 I5.311477 J16.266213 K0.000000 X-12.575627 Y-
 25.855711 Z22.000000
 G2 F500.000000 I1.072796 J2.258120 K0.000000 X-13.943557 Y-24.138751
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I9.490221 J1.303031 K0.000000 X-13.907490 Y-21.292618
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-5.768021 J9.198484 K0.000000 X-16.022896 Y-
 22.318643 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-0.966513 J2.305613 K0.000000 X-18.273418 Y-
 22.158099 Z22.000000
 G2 F500.000000 I10.305341 J13.660259 K0.000000 X-20.289581 Y-
 20.371478 Z22.000000
 G2 F500.000000 I1.747880 J1.787433 K0.000000 X-21.025897 Y-18.303381
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I9.399105 J-1.849039 K0.000000 X-20.067646 Y-
 15.623171 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.468749 J10.572946 K0.000000 X-22.401583 Y-
 15.906732 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-0.165514 J2.494515 K0.000000 X-24.478037 Y-
 15.024143 Z22.000000
 G2 F500.000000 I14.182453 J9.573970 K0.000000 X-25.804843 Y-
 12.679679 Z22.000000
 G2 F500.000000 I2.233553 J1.123049 K0.000000 X-25.829754 Y-10.484556
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I8.289452 J-4.800736 K0.000000 X-24.053161 Y-8.260710
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I1.098046 J10.801679 K0.000000 X-26.352711 Y-7.771078
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I0.653423 J2.413097 K0.000000 X-28.030080 Y-6.262088
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I16.522640 J4.450187 K0.000000 X-28.523751 Y-3.613839
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I2.477187 J0.336965 K0.000000 X-27.834556 Y-1.529567
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I6.281509 J-7.232198 K0.000000 X-25.432143 Y-0.003074
 Z22.000000

G2 F500.000000 I4.545858 J9.859892 K0.000000 X-27.448114 Y1.206691
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I1.401550 J2.070183 K0.000000 X-28.544630 Y3.178561
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I17.072365 J-1.155828 K0.000000 X-28.151667 Y5.843615
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I2.452379 J-0.485634 K0.000000 X-26.823052 Y7.591175
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I3.592868 J-8.879940 K0.000000 X-24.055157 Y8.254896
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I7.501034 J7.849603 K0.000000 X-25.569087 Y10.053697
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I1.997798 J1.502932 K0.000000 X-25.965926 Y12.274765
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I15.772056 J-6.636598 K0.000000 X-24.728913
 Y14.667823 Z22.000000
 G2 F500.000000 I2.161817 J-1.255606 K0.000000 X-22.904855 Y15.889295
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I0.514885 J-9.565405 K0.000000 X-20.071422 Y15.618319
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I9.643397 J4.988719 K0.000000 X-20.919253 Y17.811229
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I2.377553 J0.772816 K0.000000 X-20.573411 Y20.040806
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I12.762569 J-11.398174 K0.000000 X-18.626398
 Y21.902545 Z22.000000
 G2 F500.000000 I1.636989 J-1.889515 K0.000000 X-16.504561 Y22.465564
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-2.618901 J-9.214319 K0.000000 X-13.912637
 Y21.289256 Z22.000000
 G2 F500.000000 I10.740707 J1.587210 K0.000000 X-14.002494
 Y23.638638 Z22.000000
 G2 F500.000000 I2.499663 J-0.041048 K0.000000 X-12.951448 Y25.635115
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I8.370083 J-14.924598 K0.000000 X-10.505424
 Y26.763786 Z22.000000
 G2 F500.000000 I0.934768 J-2.318665 K0.000000 X-8.315741 Y26.607339
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I-5.468889 J-7.864709 K0.000000 X-6.246202 Y24.653171
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I10.674126 J-1.986295 K0.000000 X-5.568347 Y26.904434
 Z22.000000
 G2 F500.000000 I2.350896 J-0.850463 K0.000000 X-3.925994 Y28.451463
 Z22.000000

G2 F500.000000 I3.070562 J-16.833730 K0.000000 X-1.246024 Y28.724756
Z22.000000
G2 F500.000000 I0.131250 J-2.496552 K0.000000 X0.774217 Y27.865798
Z22.000000
G2 F500.000000 I-7.726215 J-5.662821 K0.000000 X2.097106 Y25.345533
Z22.000000
G2 F500.000000 I9.450828 J-5.344560 K0.000000 X3.469216 Y27.254716
Z22.000000
G2 F500.000000 I1.947374 J-1.567717 K0.000000 X5.524901 Y28.184652
Z22.000000
G2 F500.000000 I-2.561701 J-16.918592 K0.000000 X8.148402 Y27.572953
Z22.000000
G2 F500.000000 I-0.686491 J-2.403899 K0.000000 X9.780277 Y26.104564
Z22.000000
G2 F500.000000 I-9.146314 J-2.847298 K0.000000 X10.213160 Y23.291313
Z22.000000
G2 F500.000000 I7.203372 J-8.123643 K0.000000 X12.130837 Y24.651528
Z22.000000
G2 F500.000000 I1.332823 J-2.115085 K0.000000 X14.377089 Y24.863597
Z22.000000
G2 F500.000000 I-7.916358 J-15.170113 K0.000000 X16.659822
Y23.433192 Z22.000000
G2 F500.000000 I-1.429839 J-2.050746 K0.000000 X17.726493 Y21.514496
Z22.000000
G2 F500.000000 I-9.575259 J0.276779 K0.000000 X17.222460 Y18.713117
Z22.000000
G2 F500.000000 I4.175337 J-10.022436 K0.000000 X19.477892
Y19.376964 Z22.000000
G2 F500.000000 I0.573840 J-2.433250 K0.000000 X21.537508 Y18.954303
Z22.000000
G1 F500.000000 X21.537508 Y18.954303 Z17.000000
G2 F500.000000 I-1.485775 J-2.010590 K0.000000 X21.671295 Y18.848186
Z17.000000
G2 F500.000000 I-12.413155 J-11.777716 K0.000000 X23.365892
Y16.754082 Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.018244 J-1.475363 K0.000000 X23.751768 Y14.592998
Z17.000000
G2 F500.000000 I-8.966565 J3.370859 K0.000000 X22.365439 Y12.107066
Z17.000000
G2 F500.000000 I0.694827 J-10.835109 K0.000000 X24.714217
Y12.002605 Z17.000000
G2 F500.000000 I-0.247328 J-2.487736 K0.000000 X26.617081 Y10.790281
Z17.000000

G2 F500.000000 I-15.564836 J-7.109036 K0.000000 X27.539905 Y8.259407
Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.387939 J-0.740102 K0.000000 X27.203171 Y6.090123
Z17.000000
G2 F500.000000 I-7.386217 J6.099656 K0.000000 X25.084775 Y4.189025
Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.860973 J-10.473638 K0.000000 X27.272372 Y3.327578
Z17.000000
G2 F500.000000 I-1.041693 J-2.272636 K0.000000 X28.678492 Y1.563081
Z17.000000
G2 F500.000000 I-17.029795 J-1.669955 K0.000000 X28.729542 Y-
1.130303 Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.498864 J0.075361 K0.000000 X27.706687 Y-3.072712
Z17.000000
G2 F500.000000 I-5.005456 J8.167461 K0.000000 X25.085787 Y-4.182961
Z17.000000
G2 F500.000000 I-6.106753 J-8.977204 K0.000000 X26.875142 Y-5.708044
Z17.000000
G2 F500.000000 I-1.723175 J-1.811261 K0.000000 X27.632144 Y-7.833502
Z17.000000
G2 F500.000000 I-16.649355 J3.950108 K0.000000 X26.805888 Y-
10.397528 Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.338999 J0.882659 K0.000000 X25.207754 Y-11.902571
Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.082275 J9.350191 K0.000000 X22.368365 Y-12.101658
Z17.000000
G2 F500.000000 I-8.690773 J-6.507938 K0.000000 X23.565574 Y-
14.125111 Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.217925 J-1.153608 K0.000000 X23.591425 Y-
16.381203 Z17.000000
G2 F500.000000 I-14.464577 J9.142063 K0.000000 X21.977399 Y-
18.538018 Z17.000000
G2 F500.000000 I-1.925667 J1.594305 K0.000000 X19.977170 Y-19.442601
Z17.000000
G2 F500.000000 I1.066554 J9.519699 K0.000000 X17.226983 Y-18.708953
Z17.000000
G2 F500.000000 I-10.332971 J-3.333425 K0.000000 X17.702310 Y-
21.011503 Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.472327 J-0.370943 K0.000000 X16.994208 Y-
23.153748 Z17.000000
G2 F500.000000 I-10.712411 J13.343344 K0.000000 X14.767318 Y-
24.669627 Z17.000000
G2 F500.000000 I-1.303658 J2.133184 K0.000000 X12.581751 Y-24.875724
Z17.000000

G2 F500.000000 I4.099795 J8.657573 K0.000000 X10.218790 Y-23.288843
Z17.000000
G2 F500.000000 I-10.855483 J0.202302 K0.000000 X9.920726 Y-25.620972
Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.458815 J0.451919 K0.000000 X8.555405 Y-27.417225
Z17.000000
G2 F500.000000 I-5.799424 J16.098748 K0.000000 X5.956969 Y-28.127899
Z17.000000
G2 F500.000000 I-0.540379 J2.440899 K0.000000 X3.822901 Y-27.613176
Z17.000000
G2 F500.000000 I6.688779 J6.857288 K0.000000 X2.103233 Y-25.345025
Z17.000000
G2 F500.000000 I-10.201617 J3.716111 K0.000000 X1.064078 Y-27.454012
Z17.000000
G2 F500.000000 I-2.178852 J1.225808 K0.000000 X-0.384238 Y-28.619086
Z17.000000
G1 F500.000000 X-0.810508 Y-28.709619 Z17.000000
G2 F500.000000 I-0.257942 J17.109522 K0.000000 X-3.498909 Y-
28.538077 Z17.000000
G2 F500.000000 I0.281458 J2.484106 K0.000000 X-5.350217 Y-27.358312
Z17.000000
G2 F500.000000 I8.552926 J4.313900 K0.000000 X-6.240242 Y-24.654680
Z17.000000
G2 F500.000000 I-8.442232 J6.827208 K0.000000 X-7.907880 Y-26.311983
Z17.000000
G2 F500.000000 I-1.662776 J1.866863 K0.000000 X-10.088591 Y-
26.890881 Z17.000000
G2 F500.000000 I5.311477 J16.266213 K0.000000 X-12.575627 Y-
25.855711 Z17.000000
G2 F500.000000 I1.072796 J2.258120 K0.000000 X-13.943557 Y-24.138751
Z17.000000
G2 F500.000000 I9.490221 J1.303031 K0.000000 X-13.907490 Y-21.292618
Z17.000000
G2 F500.000000 I-5.768021 J9.198484 K0.000000 X-16.022896 Y-
22.318643 Z17.000000
G2 F500.000000 I-0.966513 J2.305613 K0.000000 X-18.273418 Y-
22.158099 Z17.000000
G2 F500.000000 I10.305341 J13.660259 K0.000000 X-20.289581 Y-
20.371478 Z17.000000
G2 F500.000000 I1.747880 J1.787433 K0.000000 X-21.025897 Y-18.303381
Z17.000000
G2 F500.000000 I9.399105 J-1.849039 K0.000000 X-20.067646 Y-
15.623171 Z17.000000

G2 F500.000000 I-2.468749 J10.572946 K0.000000 X-22.401583 Y-15.906732 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-0.165514 J2.494515 K0.000000 X-24.478037 Y-15.024143 Z17.000000
 G2 F500.000000 I14.182453 J9.573970 K0.000000 X-25.804843 Y-12.679679 Z17.000000
 G2 F500.000000 I2.233553 J1.123049 K0.000000 X-25.829754 Y-10.484556 Z17.000000
 G2 F500.000000 I8.289452 J-4.800736 K0.000000 X-24.053161 Y-8.260710 Z17.000000
 G2 F500.000000 I1.098046 J10.801679 K0.000000 X-26.352711 Y-7.771078 Z17.000000
 G2 F500.000000 I0.653423 J2.413097 K0.000000 X-28.030080 Y-6.262088 Z17.000000
 G2 F500.000000 I16.522640 J4.450187 K0.000000 X-28.523751 Y-3.613839 Z17.000000
 G2 F500.000000 I2.477187 J0.336965 K0.000000 X-27.834556 Y-1.529567 Z17.000000
 G2 F500.000000 I6.281509 J-7.232198 K0.000000 X-25.432143 Y-0.003074 Z17.000000
 G2 F500.000000 I4.545858 J9.859892 K0.000000 X-27.448114 Y1.206691 Z17.000000
 G2 F500.000000 I1.401550 J2.070183 K0.000000 X-28.544630 Y3.178561 Z17.000000
 G2 F500.000000 I17.072365 J-1.155828 K0.000000 X-28.151667 Y5.843615 Z17.000000
 G2 F500.000000 I2.452379 J-0.485634 K0.000000 X-26.823052 Y7.591175 Z17.000000
 G2 F500.000000 I3.592868 J-8.879940 K0.000000 X-24.055157 Y8.254896 Z17.000000
 G2 F500.000000 I7.501034 J7.849603 K0.000000 X-25.569087 Y10.053697 Z17.000000
 G2 F500.000000 I1.997798 J1.502932 K0.000000 X-25.965926 Y12.274765 Z17.000000
 G2 F500.000000 I15.772056 J-6.636598 K0.000000 X-24.728913 Y14.667823 Z17.000000
 G2 F500.000000 I2.161817 J-1.255606 K0.000000 X-22.904855 Y15.889295 Z17.000000
 G2 F500.000000 I0.514885 J-9.565405 K0.000000 X-20.071422 Y15.618319 Z17.000000
 G2 F500.000000 I9.643397 J4.988719 K0.000000 X-20.919253 Y17.811229 Z17.000000
 G2 F500.000000 I2.377553 J0.772816 K0.000000 X-20.573411 Y20.040806 Z17.000000

G2 F500.000000 I12.762569 J-11.398174 K0.000000 X-18.626398
 Y21.902545 Z17.000000
 G2 F500.000000 I1.636989 J-1.889515 K0.000000 X-16.504561 Y22.465564
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-2.618901 J-9.214319 K0.000000 X-13.912637
 Y21.289256 Z17.000000
 G2 F500.000000 I10.740707 J1.587210 K0.000000 X-14.002494
 Y23.638638 Z17.000000
 G2 F500.000000 I2.499663 J-0.041048 K0.000000 X-12.951448 Y25.635115
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I8.370083 J-14.924598 K0.000000 X-10.505424
 Y26.763786 Z17.000000
 G2 F500.000000 I0.934768 J-2.318665 K0.000000 X-8.315741 Y26.607339
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-5.468889 J-7.864709 K0.000000 X-6.246202 Y24.653171
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I10.674126 J-1.986295 K0.000000 X-5.568347 Y26.904434
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I2.350896 J-0.850463 K0.000000 X-3.925994 Y28.451463
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I3.070562 J-16.833730 K0.000000 X-1.246024 Y28.724756
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I0.131250 J-2.496552 K0.000000 X0.774217 Y27.865798
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-7.726215 J-5.662821 K0.000000 X2.097106 Y25.345533
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I9.450828 J-5.344560 K0.000000 X3.469216 Y27.254716
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I1.947374 J-1.567717 K0.000000 X5.524901 Y28.184652
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-2.561701 J-16.918592 K0.000000 X8.148402 Y27.572953
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-0.686491 J-2.403899 K0.000000 X9.780277 Y26.104564
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-9.146314 J-2.847298 K0.000000 X10.213160 Y23.291313
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I7.203372 J-8.123643 K0.000000 X12.130837 Y24.651528
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I1.332823 J-2.115085 K0.000000 X14.377089 Y24.863597
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-7.916358 J-15.170113 K0.000000 X16.659822
 Y23.433192 Z17.000000
 G2 F500.000000 I-1.429839 J-2.050746 K0.000000 X17.726493 Y21.514496
 Z17.000000

G2 F500.000000 I-9.575259 J0.276779 K0.000000 X17.222460 Y18.713117
 Z17.000000
 G2 F500.000000 I4.175337 J-10.022436 K0.000000 X19.477892
 Y19.376964 Z17.000000
 G2 F500.000000 I0.573840 J-2.433250 K0.000000 X21.537508 Y18.954303
 Z17.000000
 G1 F500.000000 X21.537508 Y18.954303 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-1.485775 J-2.010590 K0.000000 X21.671295 Y18.848186
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-12.413155 J-11.777716 K0.000000 X23.365892
 Y16.754082 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.018244 J-1.475363 K0.000000 X23.751768 Y14.592998
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-8.966565 J3.370859 K0.000000 X22.365439 Y12.107066
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I0.694827 J-10.835109 K0.000000 X24.714217
 Y12.002605 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-0.247328 J-2.487736 K0.000000 X26.617081 Y10.790281
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-15.564836 J-7.109036 K0.000000 X27.539905 Y8.259407
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.387939 J-0.740102 K0.000000 X27.203171 Y6.090123
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-7.386217 J6.099656 K0.000000 X25.084775 Y4.189025
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.860973 J-10.473638 K0.000000 X27.272372 Y3.327578
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-1.041693 J-2.272636 K0.000000 X28.678492 Y1.563081
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-17.029795 J-1.669955 K0.000000 X28.729542 Y-
 1.130303 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.498864 J0.075361 K0.000000 X27.706687 Y-3.072712
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-5.005456 J8.167461 K0.000000 X25.085787 Y-4.182961
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-6.106753 J-8.977204 K0.000000 X26.875142 Y-5.708044
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-1.723175 J-1.811261 K0.000000 X27.632144 Y-7.833502
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-16.649355 J3.950108 K0.000000 X26.805888 Y-
 10.397528 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.338999 J0.882659 K0.000000 X25.207754 Y-11.902571
 Z12.000000

G2 F500.000000 I-2.082275 J9.350191 K0.000000 X22.368365 Y-12.101658
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-8.690773 J-6.507938 K0.000000 X23.565574 Y-
 14.125111 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.217925 J-1.153608 K0.000000 X23.591425 Y-
 16.381203 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-14.464577 J9.142063 K0.000000 X21.977399 Y-
 18.538018 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-1.925667 J1.594305 K0.000000 X19.977170 Y-19.442601
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I1.066554 J9.519699 K0.000000 X17.226983 Y-18.708953
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-10.332971 J-3.333425 K0.000000 X17.702310 Y-
 21.011503 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.472327 J-0.370943 K0.000000 X16.994208 Y-
 23.153748 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-10.712411 J13.343344 K0.000000 X14.767318 Y-
 24.669627 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-1.303658 J2.133184 K0.000000 X12.581751 Y-24.875724
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I4.099795 J8.657573 K0.000000 X10.218790 Y-23.288843
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-10.855483 J0.202302 K0.000000 X9.920726 Y-25.620972
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.458815 J0.451919 K0.000000 X8.555405 Y-27.417225
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-5.799424 J16.098748 K0.000000 X5.956969 Y-28.127899
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-0.540379 J2.440899 K0.000000 X3.822901 Y-27.613176
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I6.688779 J6.857288 K0.000000 X2.103233 Y-25.345025
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-10.201617 J3.716111 K0.000000 X1.064078 Y-27.454012
 Z12.000000
 G2 F500.000000 I-2.178852 J1.225808 K0.000000 X-0.384238 Y-28.619086
 Z12.000000

Копируем полученный G-код и сохраняем в блокноте. Далее отправляем на флэш-накопитель или же соединяем наш компьютер с помощью LTP порта, со станком ЧПУ. Далее работаем непосредственно со станком. Закрепляем заготовку, ставим координаты на ноль и запускаем наш код (программу).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения дипломной работы было выполнено детальное изучение ЧПУ станков, их виды, особенности, классификации. Также в ходе выполнения работы нами была изучена история создания ЧПУ станков, от самых простых и сложных в производстве и эксплуатации, до новейших «комнатных» станков, которые может позволить себе практически каждый человек. Изучили способы программирование станков оснащённых ЧПУ. Смоделировали несколько деталей в программе FreeCAD и симулировали процесс обработки детали на станке с ЧПУ.

Список использованной литературы

1. Металлорежущие станки: учебное пособие/Аскарлов Е.С. – 2018 г.
2. Технология машиностроения: учебное пособие/Аскарлов Е.С. – 2015 г.
3. Современные системы ЧПУ и их эксплуатация: учебное пособие для нач. проф. образования/М.А. Босинзон – 2017 г.
4. Технология изготовления деталей станках с ЧПУ: учебное пособие для вузов/Ю.А. Бондаренко и др. – 2016 г.

Протокол анализа Отчета подобия Научным руководителем

Заявляю, что я ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Изимов Ильяр Илхамович, Ирисматов Адхам Дилшадович, Ташметов Акмаль Рахматуллаулы

Название: Изучение и проектирование ЧПУ станков

Координатор: Профессор Аскарлов Е.С. ,

Коэффициент подобия 1:1

Коэффициент подобия 2:0.6

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки: 0


После анализа Отчета подобия констатирую следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, признаю работу самостоятельной и допускаю ее к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, не допускаю работу к защите.

Обоснование:

.....

.....
Дата

.....

Подпись Научного руководителя

Протокол анализа Отчета подобия

заведующего кафедрой / начальника структурного подразделения

Заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения заявляет, что ознакомился(-ась) с Полным отчетом подобия, который был сгенерирован Системой выявления и предотвращения плагиата в отношении работы:

Автор: Изимов Ильяр Илхамович, Ирисматов Адхам Дилшадович, Ташметов Акмаль Рахматуллаулы

Название: Изучение и проектирование ЧПУ станков

Координатор: Профессор Аскарлов Е.С. ,

Коэффициент подобия 1:1

Коэффициент подобия 2:0.6

Замена букв:0

Интервалы:0

Микропробелы:0

Белые знаки:0

После анализа отчета подобия заведующий кафедрой / начальник структурного подразделения констатирует следующее:

- обнаруженные в работе заимствования являются добросовестными и не обладают признаками плагиата. В связи с чем, работа признается самостоятельной и допускается к защите;
- обнаруженные в работе заимствования не обладают признаками плагиата, но их чрезмерное количество вызывает сомнения в отношении ценности работы по существу и отсутствием самостоятельности ее автора. В связи с чем, работа должна быть вновь отредактирована с целью ограничения заимствований;
- обнаруженные в работе заимствования являются недобросовестными и обладают признаками плагиата, или в ней содержатся преднамеренные искажения текста, указывающие на попытки сокрытия недобросовестных заимствований. В связи с чем, работа не допускается к защите.

Обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

Дата



Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения

Окончательное решение в отношении допуска к защите, включая обоснование:

.....
.....
.....
.....
.....

.....
.....



Дата

Подпись заведующего кафедрой /

начальника структурного подразделения