

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГБОУ ВО «АмГУ»)**

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов
и производств
Направленность (профиль) образовательной программы Автоматизация
технологических процессов и производств в энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

И.о. зав. кафедрой

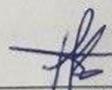
 О.В. Скрипко

«25» июня 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: «Модернизация системы автоматизированного управления
электроприводом фрезерного станка с ЧПУ LE120150»

Исполнитель
студент группы 041-об

 21.06.2024
(подпись, дата)

Н. Д. Гончаров

Руководитель
профессор, д-р техн. наук

 24.06.2024
(подпись, дата)

О. В. Скрипко

Консультант: по безопасности
и экологичности
доцент, канд. техн. наук

 14.06.2024
(подпись, дата)

А. Б. Булгаков

Нормоконтроль
профессор, д-р техн. наук

 24.06.2024
(подпись, дата)

О. В. Скрипко

Благовещенск 2024

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

Факультет энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ
и.о. зав. кафедрой
 О.В. Скрипко
подпись И.О. Фамилия
« 25 » 06 2024 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Гончарова Никиты Дмитриевича

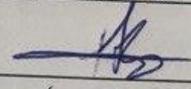
1. Тема выпускной квалификационной работы: Модернизация системы автоматизированного управления электроприводом фрезерного станка с ЧПУ LE120150 (утверждена приказом от 11.04.2024 № 965-уч)
2. Срок сдачи студентом законченной работы 27.06.2024
3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе:
- фрезерный станок с ЧПУ LE120150;
- материал, полученный в ходе выполнения работы;
- интернет ресурсы.
4. Содержание выпускной квалификационной работы (перечень подлежащих разработке вопросов):
 - 1) Описание конструкции и электрооборудования фрезерного станка с ЧПУ LE120150 до модернизации;
 - 2) Выбор нового электрооборудования;
 - 3) Схемы системы управления электроприводом фрезерного станка;
 - 4) Рекомендации по настройке CNC Match3;
 - 5) Пример разработки управляющей программы.
5. Перечень материалов приложения: (наличие чертежей, таблиц, графиков, схем, программных продуктов, иллюстративного материала и т.п.)
Лист 1: Конструкция станка с ЧПУ;
Лист 2: Принципиальная схема до модернизации;
Лист 3: Выбор оборудования;
Лист 4: Принципиальная схема после модернизации;
Лист 5: Настройка CNC Match3;
Лист 6: Разработка управляющей программы в ArtCAM.
6. Консультанты по выпускной квалификационной работе (с указанием относящихся

к ним разделов) по безопасности и экологичности канд. тех. наук, доцент Булгаков А.В.

7. Дата выдачи задания 05.02.2024

Руководитель выпускной квалификационной работы: Скрипко Ольга Валерьевна
доцент, канд. техн. наук

Задание принял к исполнению (дата): 05.02.2024



(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа содержит 76 с., 32 рисунка, 6 таблиц, 16 источников.

ФРЕЗЕРОВАНИЕ, ЧИСЛОВОЕ ПРОГРАММНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ШАГОВЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, ШПИНДЕЛЬ, МИКРОШАГ, ЦАНГА, ПОДШИПНИК, ДРАЙВЕР, ШАРИКО-ВИНТОВАЯ ПАРА

В работе рассматривается конструкция, электропривод и система числового программного управления фрезерного станка LE120150.

Цель работы: восстановить техническую документацию на фрезерный станок, электропривод и приборы управления, составить электрические схемы, выбрать новое электрооборудование и приборы.

Был проведен технический анализ состояния, исправности и комплектности станка, сделаны расчеты, которые были совместно использованы с методом аналогии для выбора нового электрооборудование и приборов.

В результате получена новая принципиальная электрическая схема системы управления станком и список необходимого оборудования, выработаны рекомендации по настройке CNC Mach3 для станка LE120150 и приведен пример составления управляющей программы в ArtCAM.

В случае внедрения разработанной системы управления, текстовый и графический материал может быть положен в основу составления руководства по эксплуатации и настройке данного фрезерного станка. Выбранное оборудование рекомендуется к приобретению.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Техническое описание фрезерного станка с ЧПУ LE120150	10
1.1 Рама и стол, винты, рельсы, портал	10
1.2 Шаговые двигатели	10
1.2.1 Шаговый двигатель оси Z	10
1.2.2 Шаговые двигатели осей X и Y	11
1.3 Драйверы шаговых двигателей	13
1.3.1 Драйвер управления шаговым двигателям на оси Z	14
1.4 Шпиндель	15
2 Выбор оборудования для модернизации станка	16
2.1 Выбор шагового двигателя для оси Z	16
2.2 Выбор драйвера управления шаговым двигателем оси Z	17
2.2.1 Технические характеристики драйвера DM542 V2.0	18
2.2.2 Схемы подключения драйвера DM542 V2.0	18
2.2.3 Рекомендации по выбору источника питания драйвера DM542 V2.0	19
2.2.4 Настройка разрешения микрошага DM542	20
2.2.5 Настройка тока	21
2.2.6 Настройка тока удержания	22
2.2.7 Схема последовательности управляющих сигналов	22
2.3 Выбор драйверов управления шаговыми двигателями осей X и Y	23
2.4 Выбор источника питания для драйверов	26
2.4.1 Выбор по току	26
2.4.2 Выбор по напряжению	27
2.4.3 Выбор по мощности	28
2.4.4 По виду блока питания	28
2.4.5 Выбор источника питания для драйвера DM542, оси Z	30
2.4.6 Выбор источника питания для драйверов DM860, осей X и Y	32
2.5 Шпиндель GDZ-80-1.5	34

2.6	Выбор платы коммутации PLC4х-G2	37
3	Настройка и работа в CNC Mach3	41
3.1	Установка программы Mach3 и проверка быстродействия	41
3.2	Основные настройки Mach3 для работы с электрооборудованием станка	42
3.2.1	Настройка порта LPT	42
3.2.2	Настройка осей и скорости шаговых двигателей	43
3.2.3	Настройка кнопки аварийного останова и концевых выключателей	45
3.2.4	Ручное управление. Настройка нулевых положений и ограничений	46
4	Разработка управляющей программы в ArtCAM	48
4.1	Создание новой модели	48
4.2	Управляющая программа черновой обработки	51
4.3	Управляющая программа чистовой обработки	54
4.4	Управляющая программа обрезки по контуру	56
5	Безопасность и экологичность	59
5.1	Безопасность	59
5.1.1	Общие требования безопасности и охраны труда	59
5.1.2	Требования охраны труда перед началом работы	61
5.1.3	Требования охраны труда во время работы	63
5.1.4	Завершение работ на станке с ЧПУ	66
5.1.5	Меры безопасности при эксплуатации электрооборудования	66
5.2	Экологичность	68
5.3	Чрезвычайные ситуации	71
5.3.1	Требования охраны труда в аварийных ситуациях	71
5.3.2	Систем оповещения и управления эвакуацией	73
5.3.3	Требования для исключения возникновения пожара	74
5.3.4	Инструкция последовательности действий при пожаре	75
5.3.5	Первая помощь при ожогах	76
	Заключение	77
	Библиографический список	78

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ИП – источник питания;

ЧПУ – числовое программное управление (англ. computer numerical control, сокр. CNC — компьютерное числовое управление);

ШД – шаговый двигатель;

CAD – (англ. Computer-aided design (CAD), система автоматизированного проектирования;

CAM – (англ. Computer-aided manufacturing), автоматизированная система предназначенный для подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ.

ВВЕДЕНИЕ

Фрезерные станки с числовым программным управлением (ЧПУ) - это оборудование, предназначенное для механической обработки различных листовых материалов при помощи специального инструмента - фрезы. Фрезерованием обрабатывается самый различный материал: пластик, графит, алюминий, медь, чугун, сталь или дерево.

ЧПУ - числовое программное управление. Уже по названию можно судить, что станки с такой системой отличаются компьютеризированным управлением. Система самостоятельно выбирает и задает условия для нормального функционирования стола, шпинделя и суппорта в течение всего процесса работы станка. Контроль также осуществляется в автоматическом режиме - с помощью кодов G и M-типа.

Оснащение учебного заведения современными высокоточными и автоматизированными станками определяет эффективность проводимых научно-исследовательских работ. Поэтому, модернизация имеющегося парка металлорежущего оборудования является актуальным направлением деятельности.

Одним из ключевых преимуществ обработки с ЧПУ является высокий уровень точности и аккуратности, который она обеспечивает. Это особенно важно при изготовлении опытных образцов приборов или станков и других устройств используемых для проведения экспериментов.

Рациональное использование уже имеющегося оборудования, работающего по принципу числового программного управления, заключается в улучшении таких характеристик этого оборудования как производительность, точность, повышение уровня автоматизации выполняемых процессов, расширение их функциональности.

Исходными данными для разработки темы было имеющееся электрооборудование фрезерного станка с ЧПУ, руководства на это оборудование, почерпнутые из сети интернет, сообщения из форумов по

тематике ЧПУ и задание сформулированное научным руководителем.

1 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ LE120150

Фрезерный станок с ЧПУ LE120150 портального типа установлен на металлическом основании, имеет размеры рабочего поля 1200 мм x 1500 мм. Используется для обработки твердых пород дерева, различных пластмасс и мягких цветных металлов. Заготовки крепятся к наборному алюминиевому рабочему столу с пазами под крепление гайкой. Станок оборудован жидкостной системой охлаждения шпинделя.

1.1 Рама и стол, винты, рельсы, портал

Рама станка выполнена из металлического профиля и представляет собой коробчатую конструкцию на сварных швах. Поверх которой установлен рабочий стол. Портал, ось X, изготовлен из дюралюминиевого профиля и на линейных подшипниках перемещается по рельсам вдоль оси Y, уложенным по длинной стороне рамы станка. Подшипники снабжены тавотницами. Портал имеет П-образную форму, на котором установлены рельсы для движения по ним каретки с закрепленным на ней шпинделем, ось Z. Передача движения от шаговых двигателей к осям станка передается через шарико-винтовые пары.

1.2 Шаговые двигатели

1.2.1 Шаговый двигатель оси Z

Для перемещения шпинделя по осям X, Y и Z на станке установлены шаговые двигатели.

Движение шпинделя в вертикальном направлении, по оси Z, осуществляется шаговым двигателем типа ДШИ-1-2 со следующими характеристиками:

- максимально допустимый ток в фазе электродвигателя, 2А;
- максимальный статический синхронизирующий момент, 0,2 Н · м;
- единичный шаг, 1,8 град;
- погрешность обработки шага, 3 %;
- номинальный ток питания в фазе, 1,5 А;

- номинальное напряжение питания коммутирующих устройств, 30 В;
- максимальная потребляемая мощность, 8 Вт.

Данный ШД необходимо заменить на более мощный, так как на эту ось будет устанавливаться новый шпиндель, большей производительности и веса.

1.2.2 Шаговые двигатели осей X и Y

Движение портала и шпинделя в горизонтальных осях X и Y производится с помощью биполярных шаговых двигателей типа 86CM85 (форм фактор NEMA 34), которые соединены муфтами с соответствующими ходовыми трапециевидными винтами, по одному на каждую ось, рисунок 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид шагового двигателя 86CM85

Шаговый двигатель - это синхронный бесщёточный электродвигатель с несколькими обмотками, в котором ток, подаваемый в одну или несколько обмоток статора одновременно, вызывает фиксацию ротора, что вращение ротора на дискретные углы (шаги). Такой привод позволяют получать точное позиционирование ротора без использования обратной связи от датчиков углового положения.

Технические характеристики:

- полный шаг двигателя, 1,8 град.;
- рабочий ток, 6 А;

- сопротивление фазы, 0,53 Ом;
- индуктивность, 4,25 мГн;
- момент удержания, 8,5 Н·м;
- момент инерции ротора, 2,7 кг·см²;
- диаметр вала, 14 мм;
- рабочая температура, <65 °С;
- длина, 130 мм;
- масса, 3,6 кг.

Биполярные 2-х фазные шаговые двигатели Leadshine имеют 2 обмотки, 4 вывода, вал с одной стороны, с защитой IP65 рисунок 1.2.

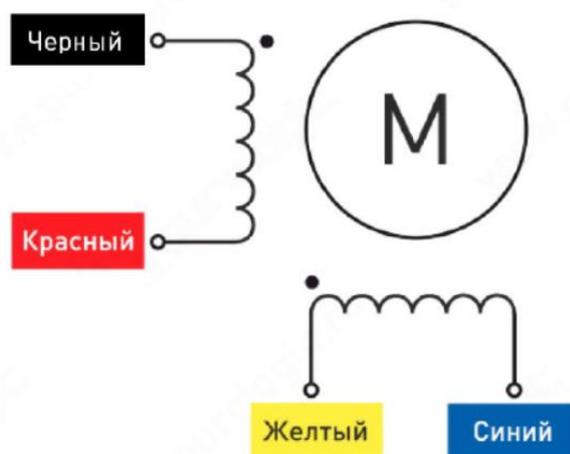


Рисунок 1.2 – Схема подключения шагового двигателя 86СМ85

Установленные ШД имеют типоразмер NEMA 34 (86 мм) с угловым шагом 1,8°. Имеют пыле- и влагозащиту, могут использоваться в условиях водяного или масляного тумана, противостоят попаданию внутрь струй воды, СОЖ и смазки за счет применения специальных уплотнений корпуса, сальников и кабельного ввода, рисунок 1.3.

Данный ШД обладает необходимым крутящим моментом, но так как работают при напряжении питания 36 В, то максимальная скорость его вращения ограничена величиной 600 об/мин при крутящем моменте $M_{кр}=2$ Н·м. В задании на модернизацию необходимо увеличение производительности станка, поэтому есть возможность увеличить напряжение питания шагового двигателя, тем самым увеличить частоту вращения.

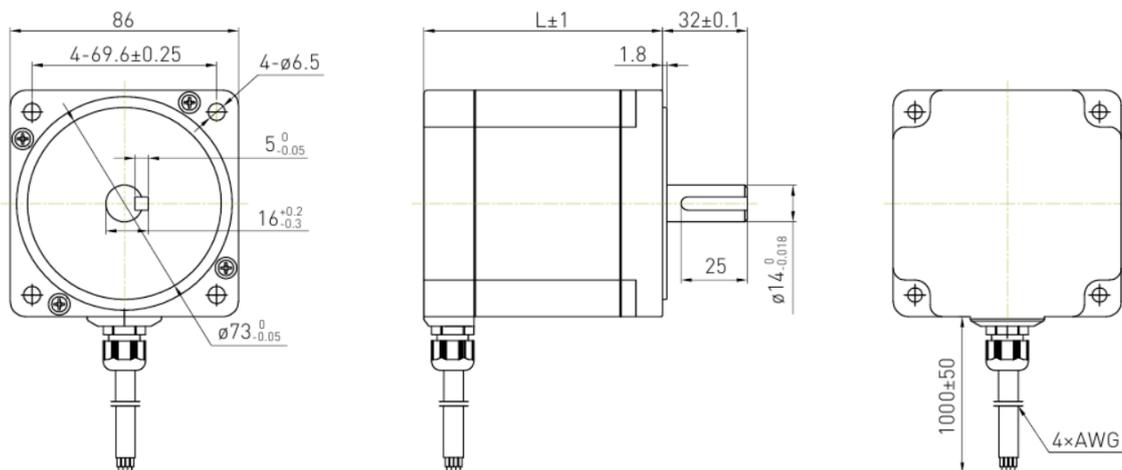


Рисунок 1.3 – Габаритные размеры шагового двигателя 86CM85

При напряжении питания 70 В и крутящем моменте $M_{кр}=2$ Н·м, скорость составит $n=1250$ об/мин, рисунок 1.4.

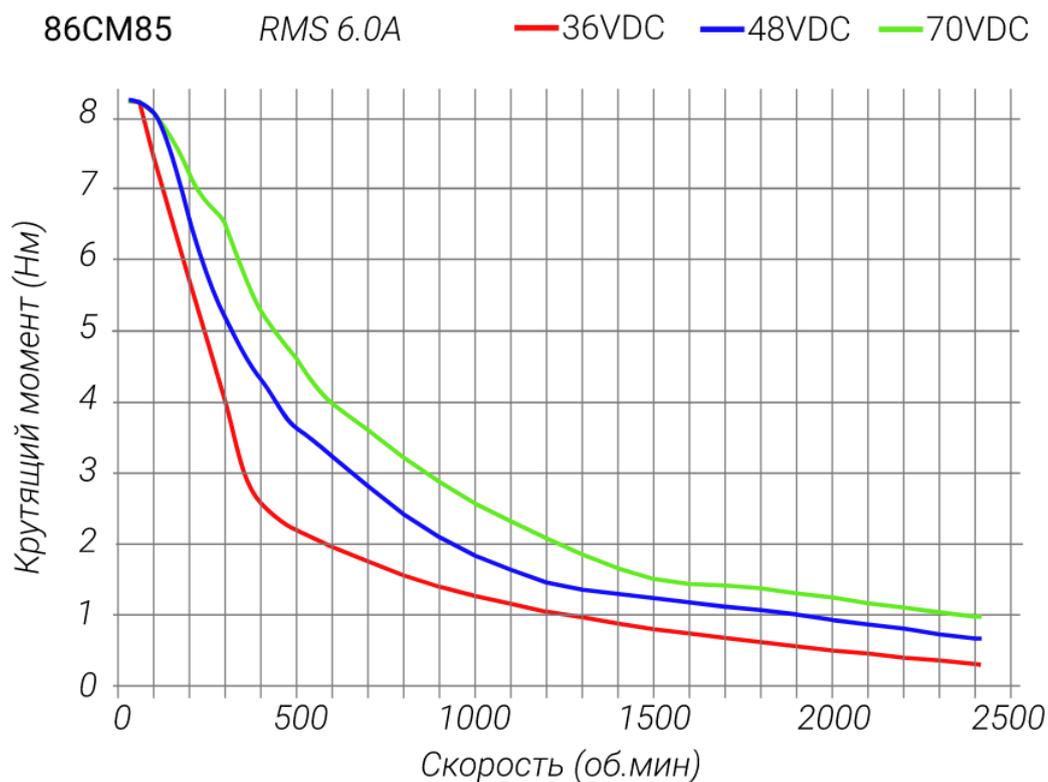


Рисунок 1.4 – Зависимости крутящего момента от скорости и напряжения

1.3 Драйверы шаговых двигателей

Управление шаговыми двигателями на осях станка осуществляется драйверами настроенными на микрошаговое управление. Драйвер содержит в себе силовую часть и контроллер. Силовая часть драйвера - это полупроводниковый усилитель мощности, задача которого преобразовать

подаваемые на фазы импульсы тока в перемещения ротора: один импульс - один точный шаг или микрошаг. Изменяют направление и величину тока до определенной величины на соответствующую обмотку статора. Удерживают этот ток в течение некоторого времени, осуществляют быстрое включение и выключение токов, регулируют мощностные и скоростные характеристики шагового двигателя.

1.3.1 Драйвер управления шаговым двигателям на оси Z

Установлен драйвер MicroStep Motor Drive Model M420, компании Lakes Automation Technology, USA. Предназначен для двухфазного гибридного шагового двигателя с фазным током менее 2,0 А, напряжением от 12 В до 36 В, рисунок 1.5.

Технические и функциональные характеристики:

- регулирование среднего тока, 2-фазный синусоидальный выход;
 - оптоизолированный ввод-вывод сигналов;
 - защита от перенапряжения, пониженного напряжения, перегрузки по току, фазного короткого замыкания;
 - автоматическое уменьшение тока холостого хода;
 - настройка выходного фазного тока по 8 значениям;
 - терминал автономного ввода команд;
 - крутящий момент двигателя зависит от частоты вращения, но не от шага/оборота, высокая начальная скорость, высокий удерживающий момент на высокой скорости.
- потребляемая мощность 40 Вт.



Рисунок 1.5 – Внешний вид драйвера M420B

На драйвере установлен микрошаг 128, ток выставлен в значение 2 А.

1.4 Шпиндель

На портале установлен высокоскоростной электрический шпиндель GDZ18-2 с жидкостным охлаждением с гайкой и цангой ER11, имеет следующими техническими характеристиками:

- двигатель, асинхронный;
- напряжение питания, 220 В;
- максимальный ток, 3,5 А;
- номинальная мощность, 800 Вт;
- скорость вращения, 24.000 об/мин;
- частота, 0...400 Гц;
- внешний диаметр, 65 мм.

Необходимость в замене шпинделя возникла вследствие малого типоразмера цанги ER11, которая не позволяет использовать фрезы диаметром более 11 мм.

2 ВЫБОР ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СТАНКА

Рассмотренное в предыдущих разделах оборудование фрезерного станка с ЧПУ LE120150 нуждается в модернизации, так как выработало свой ресурс, стало менее надежным и устарело, что приводит к невозможности его ремонта в случае отказа того или иного прибора. Новое оборудование и приборы выбираются исходя из следующих критериев:

- иметь улучшенные технические характеристики;
- технические характеристики должны соответствовать новым заявленным требованиям по функциональным возможностям;
- быть более надежными, чем старые приборы;
- по возможности иметь способы подключения, напряжения и токи подходящие под уже имеющуюся схему соединений.

2.1 Выбор шагового двигателя для оси Z

В связи с установкой шпинделя мощностью 1,5 кВт и увеличением веса каретки на оси Z, необходимо выбрать более мощный шаговый двигатель типоразмера NEMA 23 на ток 3 А. Для установки на ось Z принимается среднеразмерный гибридный шаговый двигатель ST57-H76-3.0A [1]. Двигатель имеет фланец 57 на 57 миллиметров, выдает хороший крутящий момент, обладает низкой инерцией ротора и высокой плавностью хода, рисунок 2.1.

Технические характеристики:

- полный шаг двигателя, 1,8 град.;
- погрешность углового шага, $\pm 0,09$ град;
- рабочий ток, 3 А;
- сопротивление, 0,9 Ом;
- индуктивность, 3,5 мГн;
- момент удержания, 20 кгс·см;
- момент инерции ротора, 480 г·см²;
- максимальная температура нагрева, 80 °С;
- длина, 76 мм;

– масса, 1 кг.

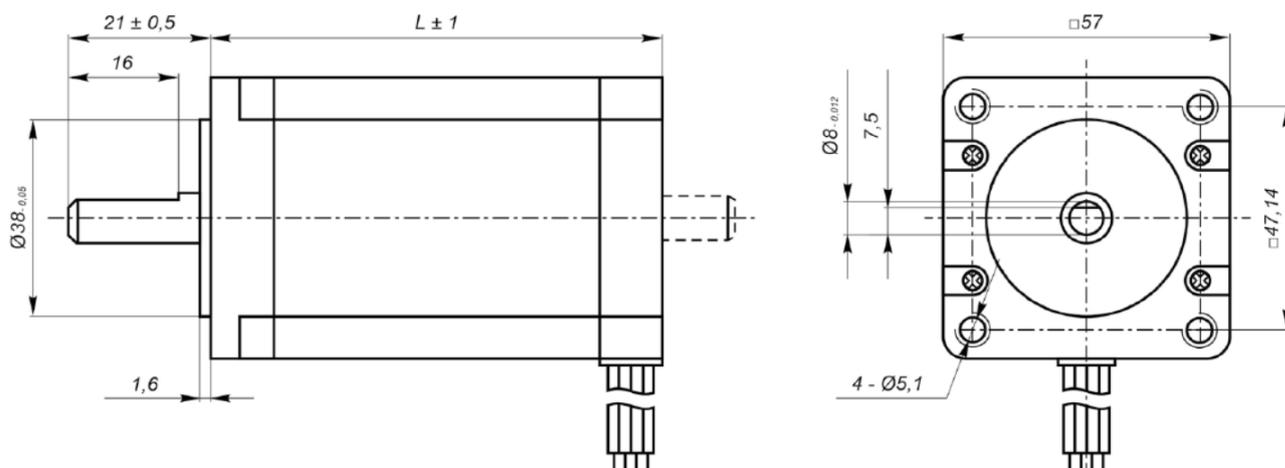


Рисунок 2.1 – Габаритные и присоединительные размеры ST57-H76

Схема обмоток шагового двигателя показана на рисунок 2.2.

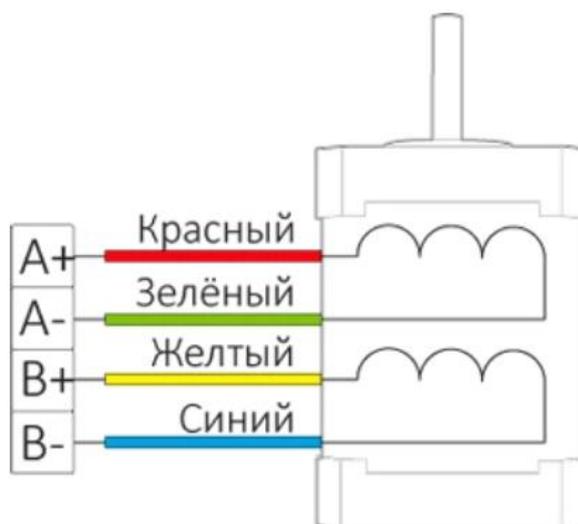


Рисунок 2.2 – Электрическая схема шаговых двигателей ST57-H76

2.2 Выбор драйвера управления шаговым двигателем оси Z

Для управления таким ШД выбирается драйвер DM542 V2.0 Leadshine [2]. Это высокопроизводительный микрошаговый драйвер на основе технологии контроля синусоидального тока. Особенность технологии заключается в функции автоматической подстройки под двигатель (параметры саморегулирования тока), благодаря чему достигается низкий уровень шума и нагрева, а также равномерность вращения и лучшие характеристики на высоких скоростях. Предназначен для работы с 2-х и 4-фазными гибридными шаговыми двигателями. Подходит для широкого спектра шаговых двигателей от 17 до 34

типоразмера NEMA.

2.2.1 Технические характеристики драйвера DM542 V2.0

Основные технические характеристики:

- охлаждение естественное или принудительное, рабочая среда – избегать запыленности, масляного тумана и агрессивных газов;
- температура окружающей среды 0 °С - 50 °С, относительная влажность 40 % - 90 %, макс. рабочая температура 70 °С;
- макс. вибрация 5,9 м/с², вес приблизительно 280 г;
- выходной ток 1,0 - 4,2 (3,0 ср.кв.) А;
- напряжение питания до +50 В;
- ток логического сигнала до 16 мА;
- сопротивление изоляции 500 МОм;
- функция автоподстройки под двигатель;
- технология контроля синусоидального тока;
- входная частота импульсов до 300 кГц;
- TTL-совместимые оптоизолированные входы;
- автоматическое снижение тока в режиме удержания;
- 15 режимов деления шага в десятичной и двоичной системе, до 25600 шагов/оборот;
- поддержка режимов PUL/DIR и CW/CCW;
- защита от перепадов напряжения, короткого замыкания и перегрузки по току.

2.2.2 Схемы подключения драйвера DM542 V2.0

Драйвер DM542 может принимать дифференциальные и несимметричные сигналы (в том числе от выходов PNP и «открытый коллектор»). Драйвер оснащен 3 оптоизолированными логическими входами P1 для приема линейных управляющих сигналов драйвера. Изоляция позволяет минимизировать и подавлять электрические помехи на входных сигналах драйвера. В целях повышения помехоустойчивости драйвера рекомендуется использовать линейные управляющие сигналы.

На рисунке 2.3 показана схема подключения драйвера.

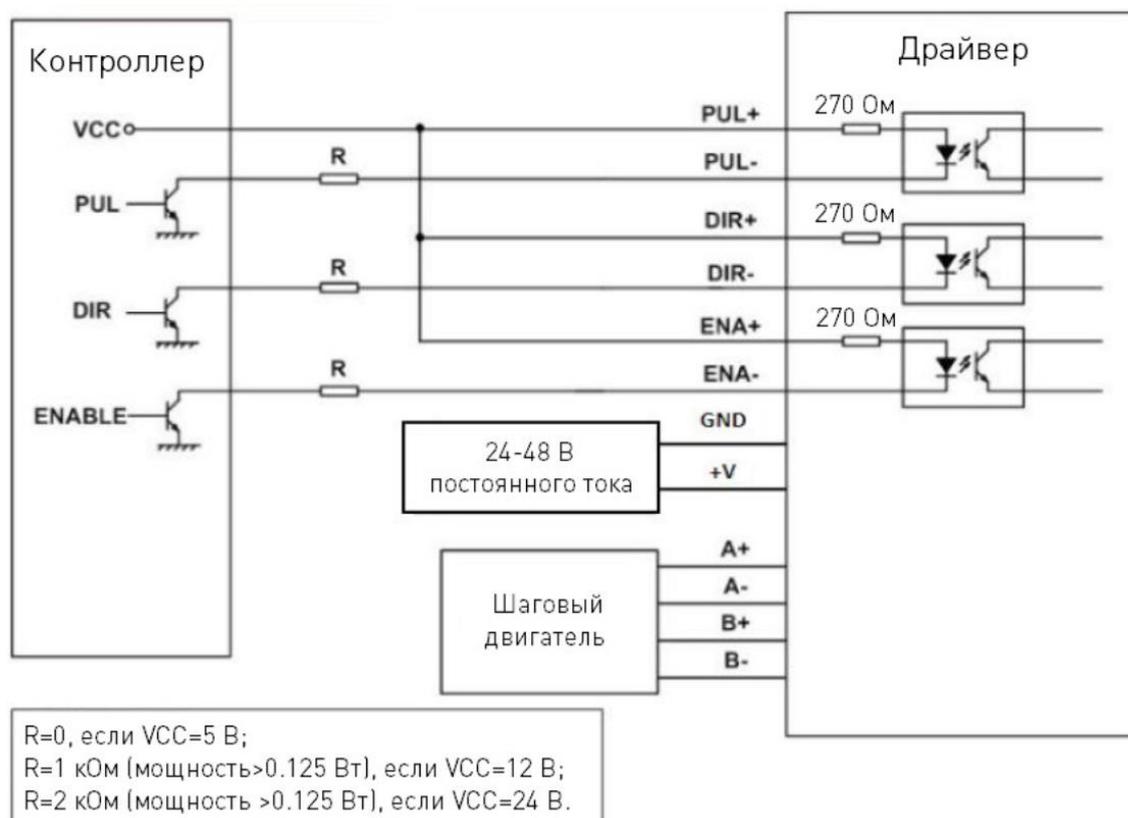


Рисунок 2.3 – Схема подключения к выходам «открытый коллектор» с общим анодом

Подключение драйвера DM542 к гибридным 2 или 4 фазным шаговым двигателям производится по схеме на рисунке 2.4. Скорость и крутящий момент зависят от индуктивности обмотки. Для определения пикового значения при настройке выходного тока следует умножить заданный ток на 1,4.

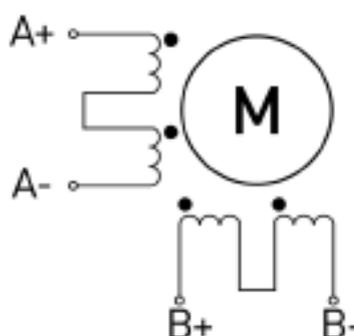


Рисунок 2.4 – Схема подключения ШД с 4 выводами

2.2.3 Рекомендации по выбору источника питания драйвера DM542 V2.0

Выбор источника питания влияет на конечные параметры движения

шагового двигателя. В общем случае, напряжение питания определяет скоростные характеристики, а выходной ток - выходной крутящий момент двигателя (в особенности на низких скоростях). Повышение напряжения питания увеличивает максимальную скорость двигателя, а вместе с тем шум и нагрев. Если не ставится требований по достижению высоких частот вращения, рекомендуется использовать низкие питающие напряжения для уменьшения нагрева двигателя, снижения шума и повышения надежности системы.

Для питания драйвера используются как стабилизированные, так и нестабилизированные источники питания. Нестабилизированные источники более устойчивы к броскам тока. Стабилизированные источники питания, обычно импульсные, необходимо выбирать с запасом по току (допустим, двигатель-драйвер 3 А использовать источник на 4 А). При использовании нестабилизированных источников питания допускается подключение двигателя на 30%~50% мощнее источника питания. Причина заключается в том, что драйвер потребляет ток от конденсатора нестабилизированного источника питания только во время активности цикла ШИМ и как следствие, среднее потребление тока значительно меньше тока двигателя. Например, два двигателя 3 А могут питаться от одного источника питания на 4 А.

2.2.4 Настройка разрешения микрошага DM542

Выбор микрошага и рабочий ток драйвера устанавливаются 8 DIP-переключателями, рисунок 2.5 [3].



Рисунок 2.5 – Расположение DIP-переключателей

Настройка разрешения микрошага осуществляется согласно рисунку 2.6.

Микрошаг	Шагов/оборот (для двигателей 1.8°)	SW5	SW6	SW7	SW8
2	400	OFF	ON	ON	ON
4	800	ON	OFF	ON	ON
8	1600	OFF	OFF	ON	ON
16	3200	ON	ON	OFF	ON
32	6400	OFF	ON	OFF	ON
64	12800	ON	OFF	OFF	ON
128	25600	OFF	OFF	OFF	ON
5	1000	ON	ON	ON	OFF
10	2000	OFF	ON	ON	OFF
20	4000	ON	OFF	ON	OFF
25	5000	OFF	OFF	ON	OFF
40	8000	ON	ON	OFF	OFF
50	10000	OFF	ON	OFF	OFF
100	20000	ON	OFF	OFF	OFF
125	25000	OFF	OFF	OFF	OFF

Рисунок 2.6 – Настройка разрешения микрошага DM542E

Значение микрошага выбирается 128, что соответствует 25600 шагов на один оборот вала, для двигателя на 1,8°. Затем на корпусе драйвера устанавливается соответствующее выше приведенной таблице положение DIP переключателей.

2.2.5 Настройка тока

Увеличение тока драйвера приводит к повышению выходного крутящего момента двигателя, что вызывает более интенсивный нагрев двигателя и драйвера. Поэтому выходной ток обычно устанавливается так, чтобы двигатель не перегревался при длительной работе. Поскольку уровень индуктивности и сопротивления в значительной степени определяется параллельным или последовательным соединением обмоток двигателя, важно установить выходной ток драйвера с учетом тока фазы двигателя, количества выводов и способа соединения. При выборе следует руководствоваться предоставленным производителем номиналом тока фазы, принимая во внимание также параметры выводов и соединений.

Первые три DIP-переключателя (SW1, 2, 3) используются для настройки

рабочего тока. Необходимо выбрать значение, которое указано в таблице на корпусе прибора, наиболее близкое к характеристикам тока используемого двигателя, рисунок 2.7.

Peak	SW1	SW2	SW3
1.00A	on	on	on
1.46A	off	on	on
1.91A	on	off	on
2.37A	off	off	on
2.84A	on	on	off
3.31A	off	on	off
3.76A	on	off	off
4.20A	off	off	off

Рисунок 2.7 – Настройка тока DM542E

Из-за индуктивности обмоток реальный ток в обмотках может быть ниже установленного рабочего значения, в особенности на высоких скоростях. На данном драйвере DIP-переключателями устанавливается ток 3,31 А.

2.2.6 Настройка тока удержания

Настройка тока удержания в драйвере DM542E выполняется с помощью переключателя SW4. В положении OFF ток удержания устанавливается на 50% от рабочего значения, в положении ON - задается равным выбранной величине рабочего тока. Ток автоматически снижается до 50% от выбранного динамического значения через 0,4 секунды после последнего сигнала. Так как драйвер управляет двигателем, расположенным на оси Z, каретка которой вместе со шпинделем перемещается в вертикальном направлении, то задаем ток удержания равный рабочему току. DIP переключатель SW4 в положении ON.

2.2.7 Схема последовательности управляющих сигналов

Для обеспечения корректной работы драйвера сигналы PUL, DIR и ENA должны поступать в соответствии с временными диаграммами, изображенными на рисунке 2.8.

1. Сигнал ENA должен опережать сигнал DIR как минимум на 5 мкс (t_1). Обычно ENA+ и ENA- нормально разомкнуты.

2. Сигнал DIR должен опережать активный фронт сигнала PUL на 5 мкс (t_2) для обеспечения корректного направления.

3. Длительность сигнала PUL должна быть не менее 2,5 мкс.

4. Длительность низкого уровня должна быть не менее 2,5 мкс.

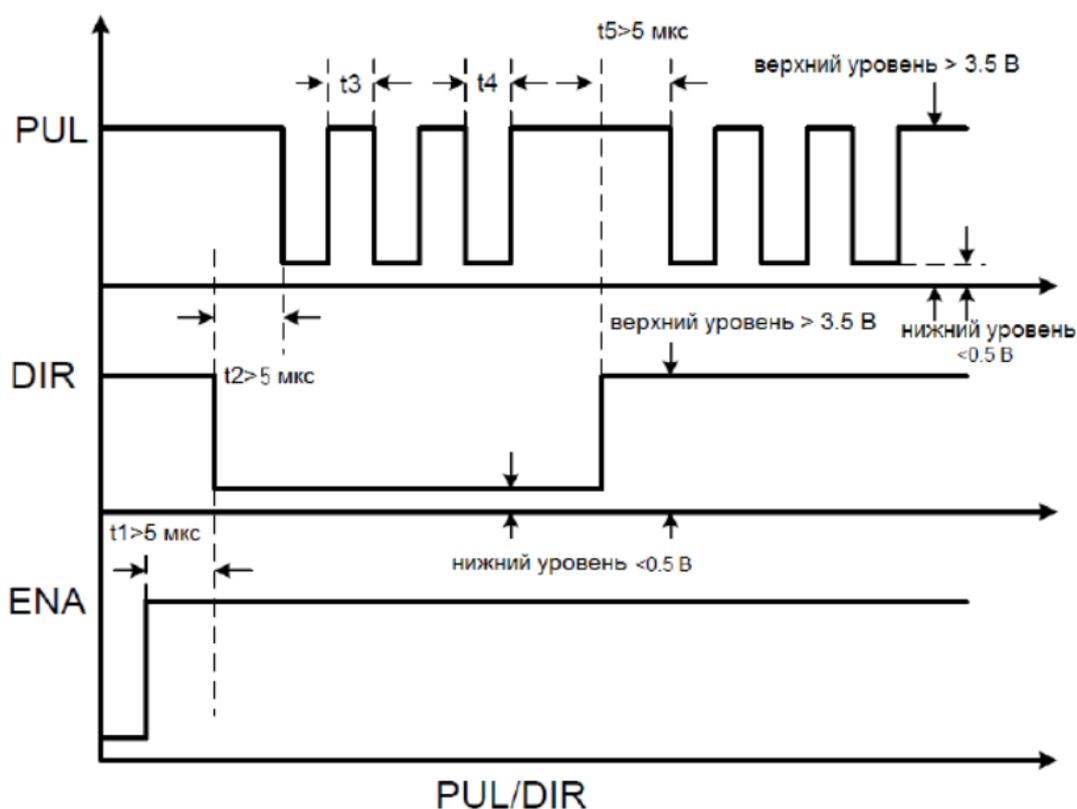


Рисунок 2.8 – Схема последовательности управляющих сигналов

2.3 Выбор драйверов управления шаговыми двигателями осей X и Y

Шаговые двигатели осей X и Y остаются прежними, но для увеличения скоростей перемещения этих осей выбираются новые драйверы DM860E с повышенным напряжением 70 В.

Основные технические характеристики:

- охлаждение пассивное или принудительное, окружающая среда – без пыли, масляного тумана и агрессивных газов;
- температура окружающей среды 0 °С ... +50 °С, относительная влажность 40 % - 90 %, рабочая температура 50 °С;
- выходной ток 2,4 - 7,2 А;
- напряжение питания 24–110 В;
- ток логического сигнала до 7-16 мА;

- сопротивление изоляции 500 МОм;
- входная частота импульсов 0–200 кГц.

Драйверы серии DM860 могут принимать дифференциальные и несимметричные управляющие сигналы STEP/DIR/ENABLE при подключении к выходам типа «PNP» (с общим анодом) и типа «NPN» (с общим катодом), рисунок 2.9. Входы драйверов оптоизолированные, что минимизирует влияние электрических шумов. Для повышения помехоустойчивости между источником питания и драйвером рекомендуется устанавливать электромагнитные фильтры.

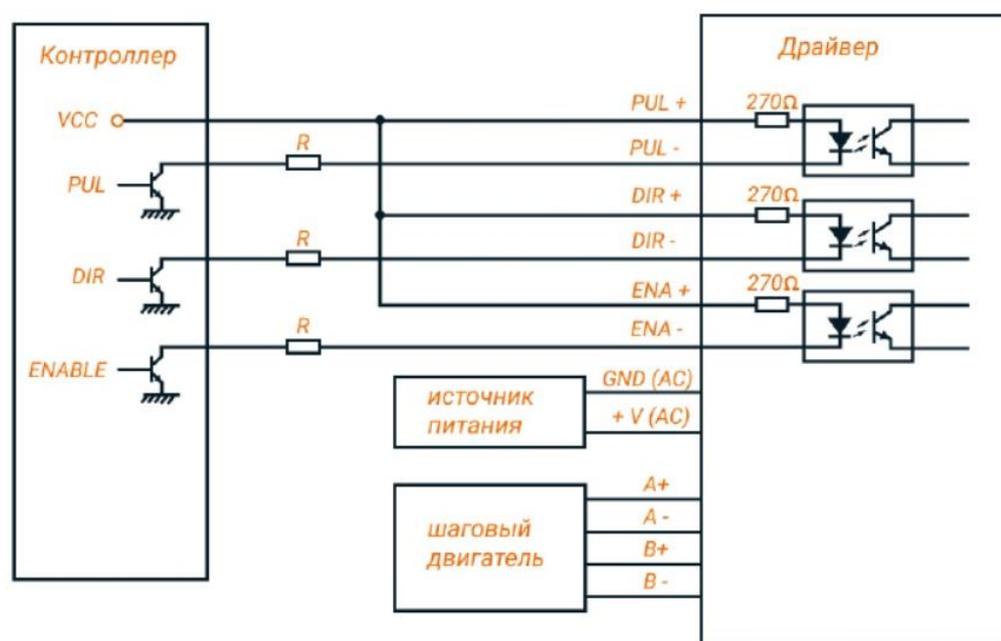


Рисунок 2.9 – Типовая схема подключения драйвера DM860

Подключение драйвера DM860 к гибридным шаговым двигателям с 4 выводами производится по схеме на рисунках 2.10 и 2.11.

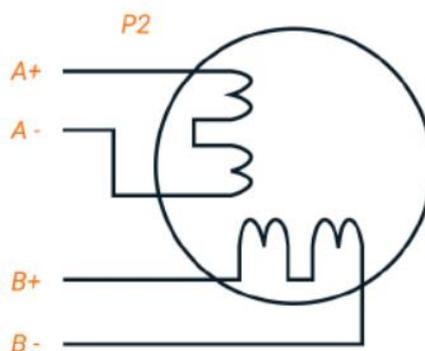


Рисунок 2.10 – Схема подключения ШД с 4 выводами

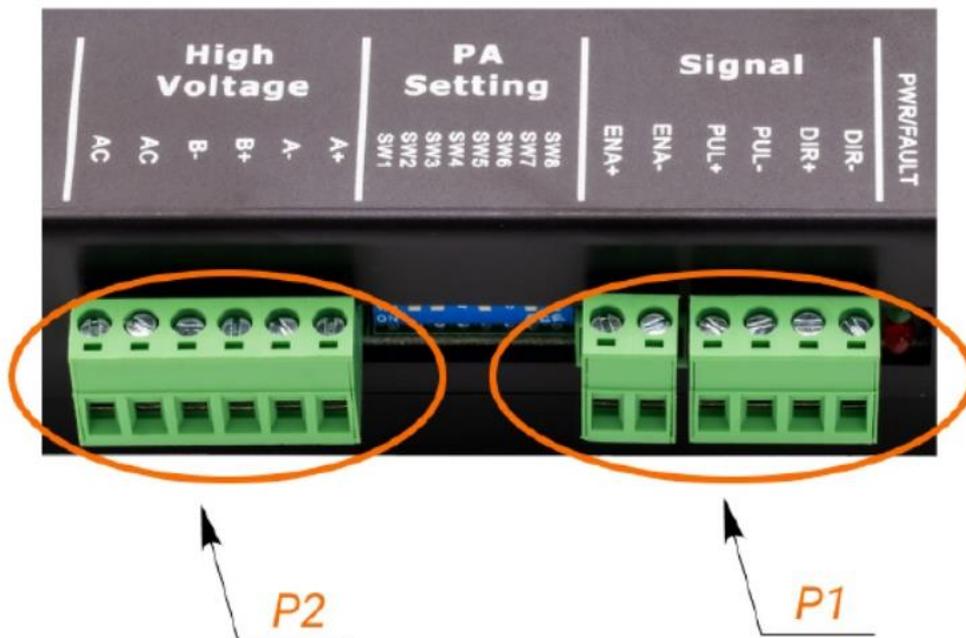


Рисунок 2.11 – Разъемы P1 и P2

Настройка разрешения микрошага осуществляется согласно рисунку 2.12.

Микрошаг	Шагов / об. (для моторов 1.8°)	SW5	SW6	SW7	SW8
2	400	ON	ON	ON	ON
4	800	OFF	ON	ON	ON
8	1600	ON	OFF	ON	ON
16	3200	OFF	OFF	ON	ON
32	6400	ON	ON	OFF	ON
64	12800	OFF	ON	OFF	ON
128	25600	ON	OFF	OFF	ON
256	51200	OFF	OFF	OFF	ON
5	1000	ON	ON	ON	OFF
10	2000	OFF	ON	ON	OFF
20	4000	ON	OFF	ON	OFF
25	5000	OFF	OFF	ON	OFF
40	8000	ON	ON	OFF	OFF
50	10000	OFF	ON	OFF	OFF
100	20000	ON	OFF	OFF	OFF
200	40000	OFF	OFF	OFF	OFF

Рисунок 2.12 – Настройка разрешения микрошага DM860

Более высокий ток позволяет двигателю выдавать больший крутящий

момент, но в то же время увеличивает нагрев мотора и драйвера. Поэтому выходной ток устанавливается таким, чтобы двигатель не перегревался в течение длительного времени. Таким образом, важно установить выходной ток драйвера в зависимости от номинального тока фаз двигателя, проводов двигателя и методов подключения используя значения, рисунок 2.13.

Пиковый ток	Среднеквадратичный ток	SW1	SW2	SW3
2.40 A	1.70 A	ON	ON	ON
3.08 A	2.18 A	OFF	ON	ON
3.77 A	2.67 A	ON	OFF	ON
4.45 A	3.15 A	OFF	OFF	ON
5.14 A	3.64 A	ON	ON	OFF
5.83 A	4.12 A	OFF	ON	OFF
6.52 A	4.61 A	ON	OFF	OFF
7.20 A	5.09 A	OFF	OFF	OFF

Рисунок 2.13 – Настройка тока DM860

Настройка тока удержания в драйвере DM860 выполняется с помощью переключателя SW4.

2.4 Выбор источника питания для драйверов

Выбор источника питания для шагового электропривода производится по току, напряжению и мощности [4].

2.4.1 Выбор по току

Источник питания необходимо выбирать по значению тока, характеризующим электропривод. Сила тока, требуемая драйверу шагового двигателя, для линейного источника питания составляет минимум $2/3$ от номинального значения тока фазы двигателя. Для импульсного ИП, значение тока должно быть на 15-30% выше номинального значения тока фазы ШД. Т.е., для двигателя с заявленным током фазы 3 А требуется линейный источник питания с током не менее 2,1 А, или импульсный с током от 3,5 А. При подключении нескольких шаговых приводов к одному источнику питания, необходимо сложить номинальные токи фаз двигателей.

При подключении нескольких драйверов к одному блоку питания рекомендуется использовать схему подключения звезда с общей точкой на клемме ИП. Не рекомендуется подключать драйверы к клеммам другого драйвера!

2.4.2 Выбор по напряжению

Необходимое напряжение источника питания зависит от индуктивности нагрузки (от количества витков на статоре шагового двигателя). Для определения максимального питающего напряжения некоторыми производителями рекомендуется эмпирическая формула:

$$U_{\max} = 32\sqrt{L_{\text{шд}}}, \quad (2.1)$$

где $L_{\text{шд}}$ – индуктивность одной фазы шагового двигателя, мГн.

Считается, что полученное значение U_{\max} нельзя превышать, иначе можно повредить двигатель. Эта формула лишь показывает, что с ростом индуктивности обмоток двигателя требуется большее напряжение, чтобы получить требуемую динамику, а также ограничивает от использования слишком большого напряжения.

В случае, когда несколько приводов с разными индуктивностями получают питание от одного блока, для расчета напряжения источника по этой формуле надо брать минимальную индуктивность из всех двигателей. В данном случае несколько снизится динамика остальных двигателей, но они будут меньше нагреваться. Если индуктивность обмоток двигателя неизвестна, для определения U_{\max} можно воспользоваться напряжением U , указанным для обмоток производителем. Как правило, оно не велико, порядка 1-5 В. Для получения напряжения питания драйвера это число необходимо увеличить в 7-20 раз (чем больше двигатель, тем больше должен быть множитель). Но нельзя превышать U более чем в 23-25 раз, иначе может привести к перегреву двигателя и выходу его из строя.

2.4.3 Выбор по мощности

Мощность, потребляемую двигателем, можно оценить сверху, перемножив полученное в расчетах максимальное напряжение питания на $2/3$ от номинального тока двигателя:

$$P_{\text{шд}} = \frac{2}{3} U_{\text{max}} I_{\text{шд}}. \quad (2.2)$$

где U_{max} – максимальное напряжение питания ШД, В;

$I_{\text{шд}}$ – номинальный ток одной фазы шагового двигателя, А.

Т.е. для двигателя ST57-56 мощность потребления составит порядка

$$P_{\text{шд}} = \frac{2 \cdot 32 \sqrt{3,5}}{3} \cdot 3 = 91 \text{ Вт.}$$

Эта формула дает очень осторожную оценку. В реальности потребление много ниже, и составляет примерно такие цифры: двигатели серии 57 мм - 40-70 ватт, двигатели 86 серии - 65-120 ватт на двигатель, в зависимости от нагрузки, выставленного тока на драйверах и т.п.

2.4.4 По виду блока питания

При выборе вида источника питания можно руководствоваться следующими соображениями. Нерегулируемый трансформаторный (линейный) источник питания подойдет в большинстве случаев, и обладает существенным преимуществом - простотой. При резком торможении шагового мотора генерируется существенная ЭДС, которая складывается с питающим напряжением контроллера двигателя. На многих регулируемых источниках питания может сработать защита от превышения напряжения, тогда как на линейном источнике энергия будет просто запасена в фильтрующем конденсаторе. Кроме того, линейные источники легко переносят резкие скачки потребляемого тока, что позволяет для питания одного и того же набора

приводов использовать линейный источник с меньшим номинальным током, чем импульсный.

Несмотря на то, что импульсные блоки питания с выходным напряжением более 50 В значительно дороже, они допускают соединение нескольких блоков последовательно, что позволяет сделать составной блок питания с требуемым напряжением. Скажем, соединив последовательно источники S-350-48 и S-350-27, получим источник питания с выходным напряжением в 75 В, что является оптимальным для драйверов AM882. При соединении ИБП последовательно необходимо выбирать блоки с одинаковым значением выходного тока

Существуют нерегулируемые импульсные блоки питания, предназначенные для питания индуктивных нагрузок. Обычный импульсный источник питания рассчитан на сравнительно постоянную, равномерную нагрузку (маломощные логические устройства - контроллеры, компьютеры и прочее), тогда как в приводах станка с ЧПУ ток изменяется очень быстро, что вызывает периодические скачкообразные изменения напряжения. Из-за чего при использовании регулируемого ИБП есть вероятность выхода из строя драйвера или блока питания, срабатывания защит регулируемого БП и т.п.

Нерегулируемые импульсные источники питания лишены данного недостатка. Когда шаговый двигатель резко снижает обороты с приложенным большим моментом инерции на валу, необходимо обязательно учитывать генерируемую двигателем ЭДС индукции (так называемая «обратная ЭДС»). Кинетическая энергия вала с нагрузкой превращается в ток, и должна быть отведена из двигателя. Так как драйвер не может рассеять эту энергию, он передает её в блок питания. В результате, из потребителя тока драйвер превращается в его источник. Этот ток может привести к пробоем конденсаторов блока питания. Если питать несколько шаговых приводов от одного блока питания, это не так страшно, так как энергия, генерируемая одним двигателем, будет поглощена другими. Но только не в том случае, когда они тормозят одновременно! Для этого случая и для случая использования 1

привода на 1 источнике питания может потребоваться установить стабилизатор для отвода тока. Напряжение стабилизатора должно быть больше, чем расчетное питающее напряжение, но достаточно низким, чтобы защитить блок питания. Например, если вы для драйвера АМ882 с расчетным напряжением питания 75 В выбран блок питания и установлено на нем выходное напряжение 75 В, напряжение стабилизатора можно выбрать порядка 80-85 В.

2.4.5 Выбор источника питания для драйвера DM542, оси Z

Минимальный ток импульсного блока питания:

$$I_{\text{бп.мин}} = I_{\text{шд}} + 0,3I_{\text{шд}}, \quad (2.3)$$

где $I_{\text{шд}}$ – номинальный ток одной фазы шагового двигателя, А.

Ток $I_{\text{шд}}$ одной фазы ШД57 составляет 3 А, тогда импульсный блок питания должен иметь номинальный ток не менее:

$$I_{\text{бп.мин}} = 3 + 0,3 \cdot 3 = 3,9 \text{ А.}$$

Напряжение источника питания определяется по формуле:

$$U_{\text{бп}} = 32\sqrt{L_{\text{шд}}}, \quad (2.4)$$

где $L_{\text{шд}}$ – индуктивность одной фазы шагового двигателя, мГн.

Индуктивность $L_{\text{шд}}$ одной фазы ШД57 составляет 3,5 мГн, тогда импульсный блок питания должен иметь номинальное напряжение:

$$U_{\text{бп}} = 32\sqrt{3,5} = 45 \text{ В.}$$

Мощность источника питания определяется по формуле, Вт:

$$P_{\text{бп}} = \frac{2}{3}U_{\text{бп}}I_{\text{шд}}. \quad (2.5)$$

Тогда, мощность импульсного блока питания составит:

$$P_{\text{бп}} = \frac{2}{3} \cdot 45 \cdot 3 = 90 \text{ Вт.}$$

Принимаем к установке импульсный блок питания S-200-48, который имеет следующие характеристики [5]:

- входное напряжение, В (переменного тока): 174 - 264 (1 фаза, 50 -60 Гц);
- выходное напряжение, В (постоянного тока): 48;
- диапазон регулировки выходного напряжения: ± 10 %;
- входной ток, А: 2.5 (при 230 В переменного тока);
- выходной ток, А: 4.2;
- выходная мощность, Вт: 200;
- КПД, %: 85;
- защита от перегрузки (105-200% от номинальной мощности).

Описание контактов, рисунок 2.14:

- L и N, контакты для подключения входного напряжения (от сети ~ 220 В, 1 фаза, 50/60 Гц);
- GND, общее заземление источника питания;
- COM, контакт для подключения «-» питающего напряжения;
- +V, Контакт для подключения «-» питающего напряжения;
- +V ADJ, потенциометр для регулировки напряжения.

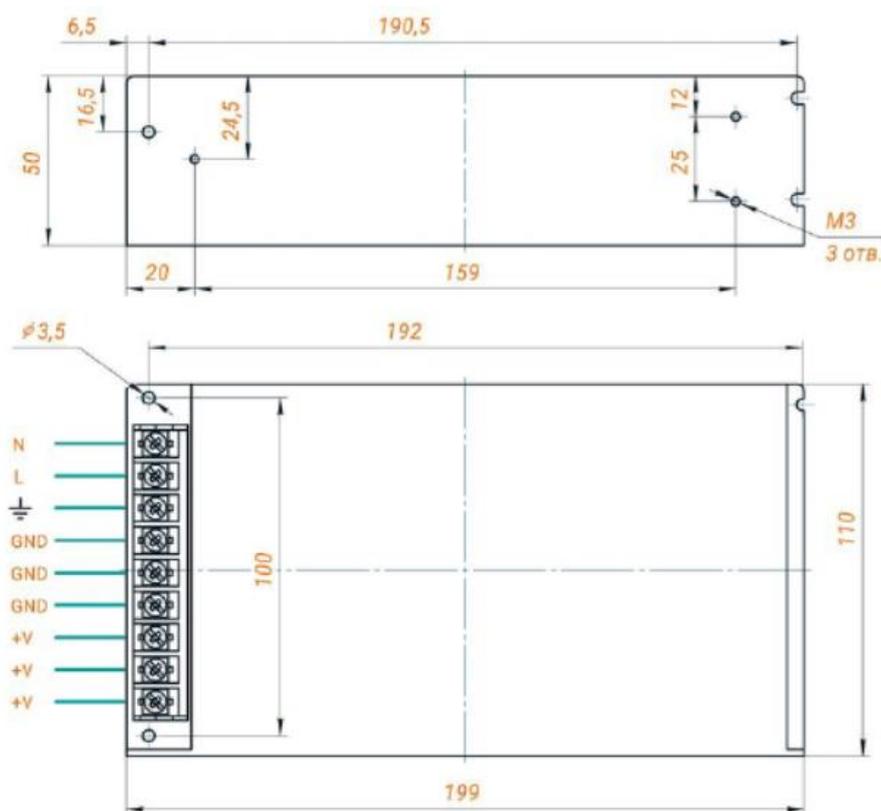


Рисунок 2.14 – Габариты импульсного блока питания S-200-48

2.4.6 Выбор источника питания для драйверов DM860, осей X и Y

Для движения осей X и Y на станке установлены шаговые двигатели 86CM85 с номинальным током фазы обмотки 6 А. Тогда, импульсный блок питания должен иметь номинальный ток не менее:

$$I_{\text{бп.мин}} = 6 + 0,3 \cdot 6 = 7,8 \text{ А.}$$

Индуктивность $L_{\text{шд}}$ одной фазы 86CM85 составляет 4,25 мГн, импульсный блок питания должен иметь номинальное напряжение:

$$U_{\text{бп}} = 32\sqrt{4,25} = 65 \text{ В.}$$

Мощность импульсного блока питания составит:

$$P_{\text{бп}} = \frac{2}{3} \cdot 65 \cdot 3 = 130 \text{ Вт.}$$

Для использования на станке выбираем импульсный блок питания S-600-70, который имеет следующие характеристики:

– входное напряжение, В (переменного тока): 174 - 264 (1 фаза, 50 -60 Гц);

– выходное напряжение, В (постоянного тока): 70;

– диапазон регулировки выходного напряжения: $\pm 10\%$;

– входной ток, А: 3,5 (при 230 В переменного тока);

– выходной ток, А: 8.5;

– выходная мощность, Вт: 600;

– КПД, %: 87;

– защита от перегрузки (105-300% от номинальной мощности).

Описание контактов, рисунок 2.15:

– L и N, контакты для подключения входного напряжения (от сети ~ 220 В, 1 фаза, 50/60 Гц);

– GND, общее заземление источника питания;

– COM, контакт для подключения «-» питающего напряжения;

– +V, Контакт для подключения «+» питающего напряжения;

– +V ADJ, потенциометр для регулировки напряжения.

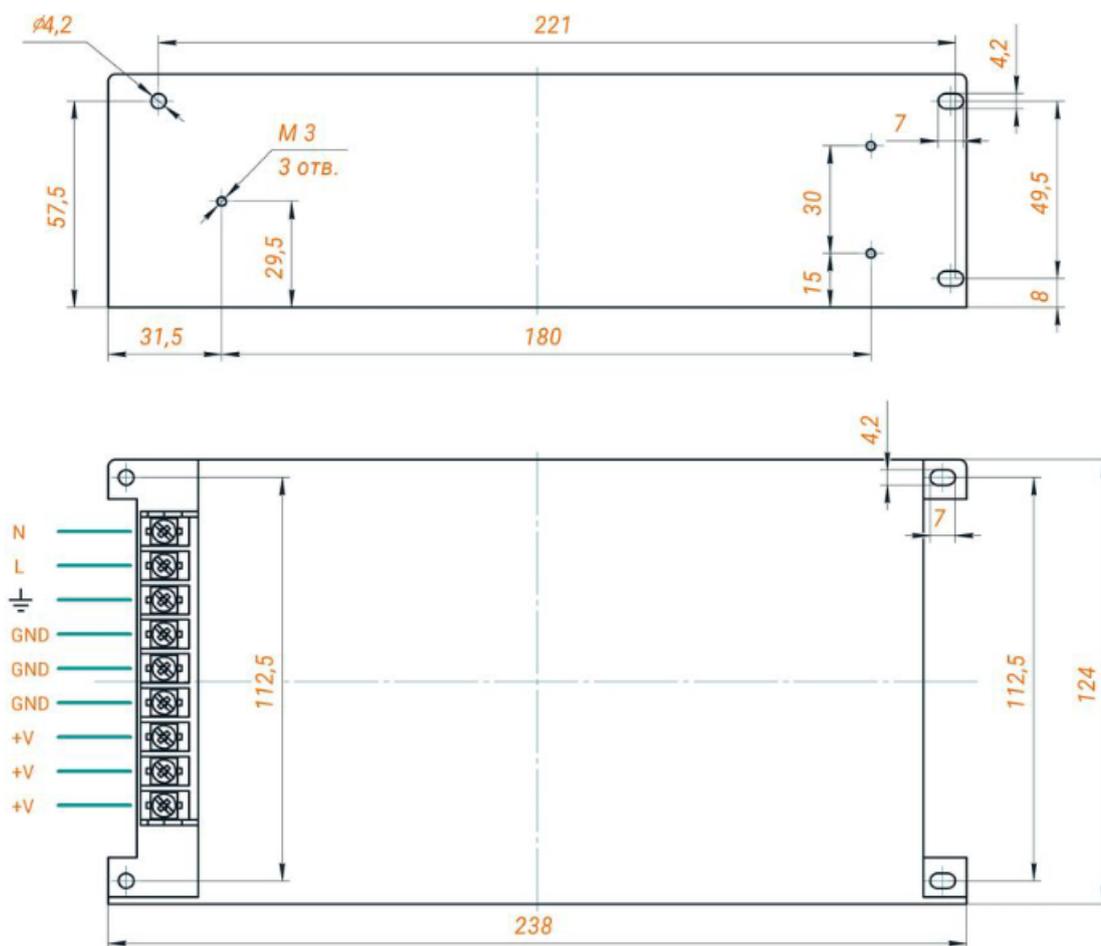


Рисунок 2.15 – Габариты импульсного блока питания S-600-70

2.5 Шпиндель GDZ-80-1.5

Взамен старого устанавливается новый шпиндель жидкостного охлаждения, модель GDZ-80-1.5 мощностью 1500 Вт с цангой ER16, рисунок 2.16.

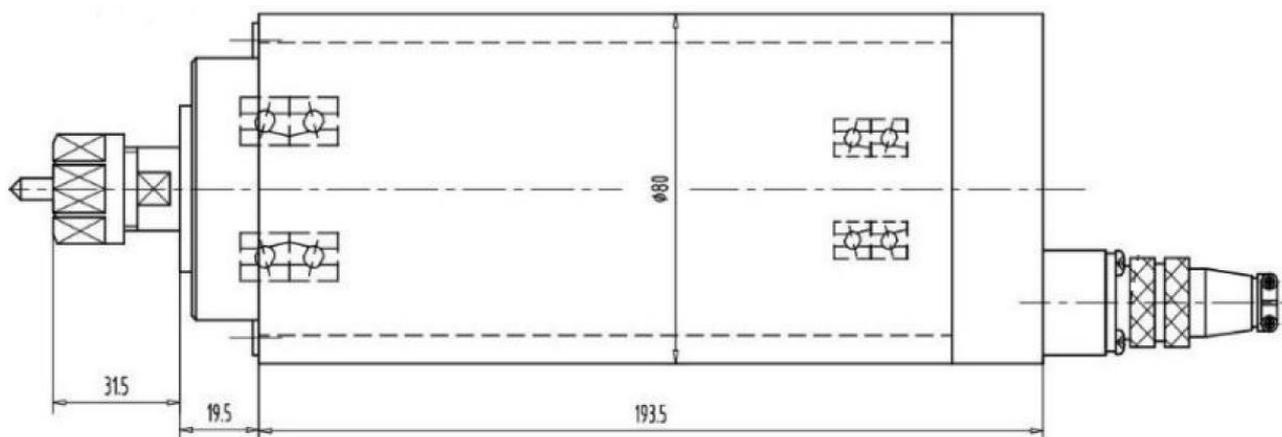


Рисунок 2.16 – Габаритные размеры шпинделя

Технические характеристики:

- двигатель, асинхронный;
- число полюсов, 2;
- напряжение питания, 220 В;
- максимальный ток, 6 А;
- номинальная мощность, 1500 Вт;
- номинальный момент, 0,62 Н х м;
- скорость вращения, 24.000 об/мин;
- частота, 0...400 Гц;
- внешний диаметр, 80 мм.

Особенности подключения и эксплуатации шпинделя, рисунок 2.17.

1. Все электрические шпиндели должны управляться от специализированных преобразователей частоты (ПЧ). ПЧ должен быть подобран согласно номинальному напряжению, току, мощности и частоты шпинделя.

2. Элемент крепления шпинделя должен быть подключен к общей шине заземления (сечение кабеля не менее 2,5 мм²). Контакт заземления на самом шпинделе необходимо подключить к соответствующей клемме на преобразователе частоты.

3. Длина соединительного провода для электрического шпинделя и преобразователя частоты должна быть не более 25 м.

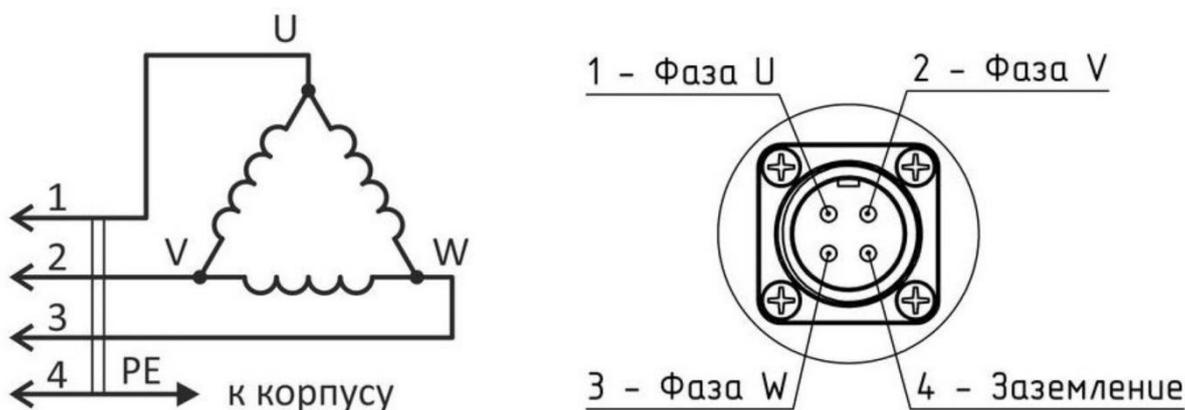


Рисунок 2.17 – Схема подключения шпинделя GDZ-80-1.5

Особенности эксплуатации шпинделя.

1. Перед началом работы необходимо настроить ПЧ:

- номинальные параметры шпинделя;
- максимальная/минимальная выходная частоты;
- несущая частота должна быть установлена в соответствии с мощностью электрического шпинделя, с частотой 8 кГц, при мощности меньшей 10 кВт;
- время ускорения и замедления должно быть не менее 10 с и более, если пусковой ток превышает номинальный ток.

2. Водяное охлаждение:

- шпиндель должен постоянно охлаждаться жидкостью через специально выведенные каналы в корпусе;
- поток охлаждающей жидкости должен составлять не менее 3-5 л/мин;
- система охлаждения должна работать непрерывно после запуска до остановки шпинделя;
- запрещено использовать в качестве теплоносителя системы охлаждения жидкостных шпинделей воду. В качестве охлаждающей жидкости необходимо применять качественный антифриз для работы с алюминиевыми составляющими (антифриз G11/G12).
- объём охлаждающей жидкости должен быть рассчитан исходя из 2,5 л/кВт·мин.
- температура охлаждающей жидкости должна поддерживаться в диапазоне 5–25 °С.

3. Обкатка шпинделя

При первом запуске шпинделя необходимо убедиться в правильности вращения шпинделя. Шпиндели, на которых указано направление вращения (стрелка указатель, расположена на корпусе шпинделя) запрещено вращать в противоположную сторону.

Перед началом эксплуатации шпинделя, необходимо осуществить следующий алгоритм его первичной обкатки (ускорение/замедление: 10с):

- при частоте вращения $V = 0,25 V_{\max}$ (это номинальная частота вращения, указанная на шпинделе): 10 циклов по 40 секунд, остановка между

циклами 2 минуты, 1 цикл 40 мин, остановка между циклами 20 минут;

– при частоте вращения $V = 0,5 V_{max}$: 10 циклов по 40 секунд, остановка между циклами 2 минуты, 1 цикл 40 мин, остановка между циклами 20 минут;

– при частоте вращения $V = 0,75 V_{max}$: 10 циклов по 40 секунд, остановка между циклами 2 минуты, 1 цикл 40 мин, остановка между циклами 20 минут;

– при частоте вращения $V = V_{max}$: 10 циклов по 40 секунд, остановка между циклами 2 минуты, 1 цикл 40 мин, остановка между циклами 20 минут.

4. Во время хранения шпинделя с жидкостным охлаждением при отрицательной температуре окружающей среды, либо при длительном хранении, обязательно необходимо полностью слить из него всю охлаждающую жидкость.

5. После длительного простоя шпинделя, необходимо в течении получаса дать шпинделю поработать в холостом режиме.

2.6 Выбор платы коммутации PLC4x-G2

Для модернизированной системы управления станком выбирается новая плата коммутации PLC4x-G2, обладающая расширенным функционалом и улучшенными техническими характеристиками, которая подключается к LPT-порту ПК и транслирует сигналы управления с LPT-порта на силовые драйверы шаговых двигателей. Модуль PLC4x-G2 позволяет управлять 1 ... 6 драйверами шаговых/серво двигателей с интерфейсом STEP/DIR/ENABLE. Все управляющие сигналы, поступающие с LPT порта ПК, проходят через токоусилительные элементы (ток каждого контакта усилен до уровня 10 мА). Буферизация всех сигналов порта LPT (входов/выходов) полностью предотвращает выход порта из строя, модуль можно подключать к любому порту с логической единицей 3.3-5 В. Модуль имеет 6 оптоизолированных входов для подключения концевых выключателей и кнопки E-STOP. На рисунке 2.18 показана общая схема системы управления станком с ЧПУ под управлением платы коммутации.

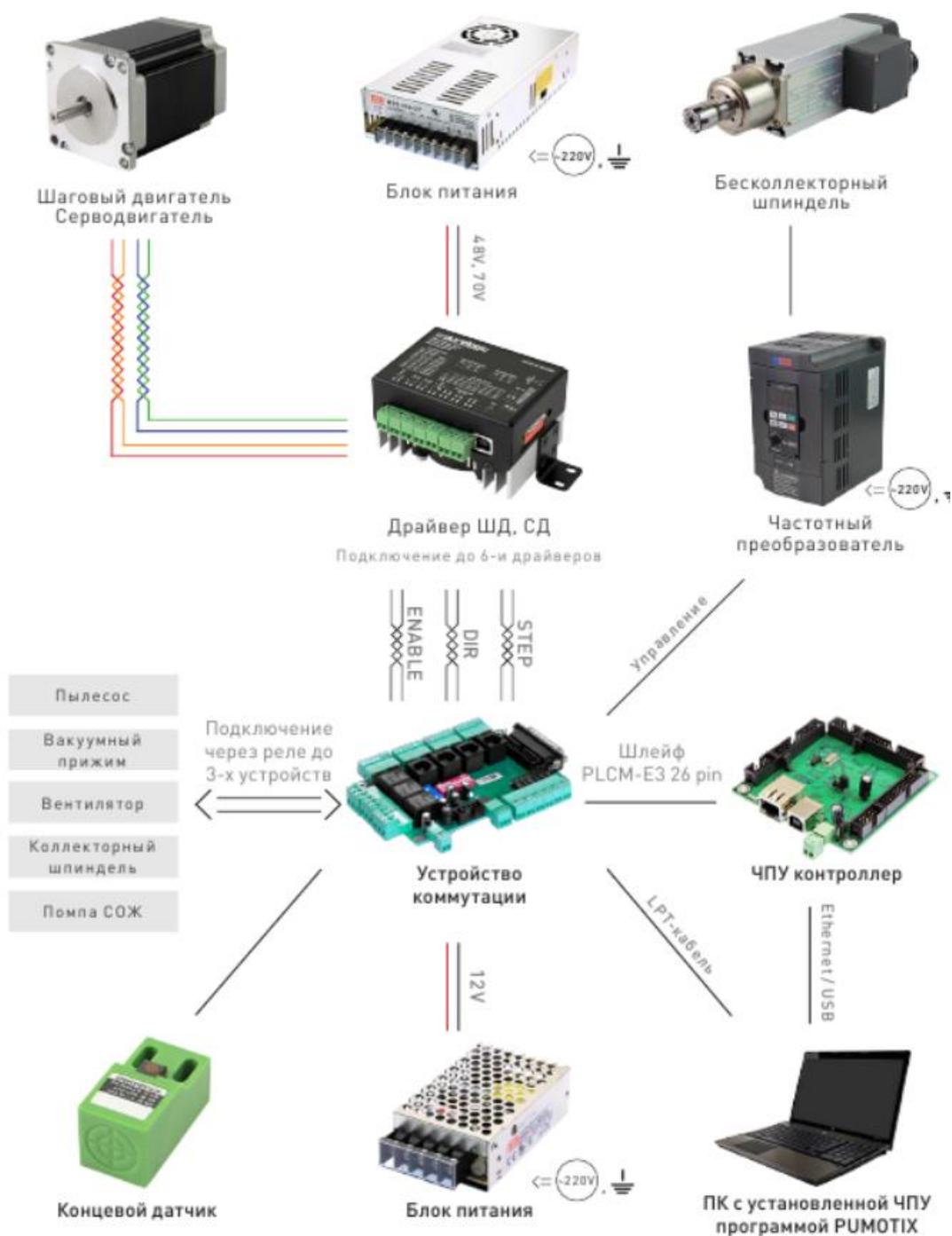


Рисунок 2.18 – Общая схема системы управления станком с ЧПУ

Плата имеет следующие технические характеристики:

- частота сигналов управления: до 1 МГц;
- число входов: оптовходы (оптопара, 1 кОм, 30 В MAX);
- число силовых выходов, реле: 3, перекидной, реле 6 А/250 В;
- максимальное число подключаемых драйверов: 4;
- частота сигнала Charge Pump: 2...15 кГц;
- встроенные генераторы: генератор сигнала STEP – 2 кГц $\pm 20\%$,

генератор сигнала DIR – 0.5 Гц $\pm 20\%$;

– параметры таймера СОЖ: частота срабатывания – 8...60 сек, длительность – 1...8 сек;

– конвертер ШИМ -> напряжение: $U_{\text{вых}}=0.5-9.5 \pm 5\%$ (при изменении скважности $Q=0...1$), питание 10 В от частотного преобразователя.

Функциональные возможности модуля.

1. Работа с любой LPT ЧПУ программой (STEP/DIR – PUMOTIX, Mach, TurboCNC (IN6). и пр.).

2. Использование одного питающего напряжения для питания всей схемы, система плавного запуска.

3. Управление одновременно до 6-и драйверами шаговых/серво двигателей. 4 драйвера подключаются через специальные разъемы (XP1, XP2, XP3, XP4 или XP9, XP10, XP11, XP12 или XP13, XP14, XP15, XP16), 2 драйвера можно подключить через разъем расширения XP23.

4. Поддержка управления частотным инвертором (регулировка оборотов шпинделя, конвертер ШИМ>напряжение) от ШИМ сигнала программы управления (PUMOTIX, Mach).

5. Драйверы ШД или СД могут подсоединяться к модулю через клеммные разъемы, разъемы типа IDC-10 или RJ-45.

6. Модуль можно подключить к LPT-порту через стандартный разъем типа DB-25M или IDC-26.

7. Предусмотрено подключение внешних дублирующих светодиодов срабатывания реле и оптовходов.

8. Постоянная трансляция сигналов входов IN1-IN5 в управляющую программу вне зависимости от режима работы платы коммутации (работа/авария) и положения кнопки аппаратного E-STOP (IN6). Возможность инверсии сигнала выхода ENB и сигнала входа E-STOP (IN6).

Драйверы ШД подключаются к модулю через разъемы XP1, XP2, XP3, XP4 (клеммные разъемы) или XP9, XP10, XP11, XP12 (тип IDC-10) или XP13, XP14, XP15, XP16 (тип RG-45) согласно рисунку 2.19. Драйверы подключаются

к модулю по схеме с общим «+», в данном случае это +5 В. При необходимости, можно подключить дополнительно еще 2 драйвера ШД.

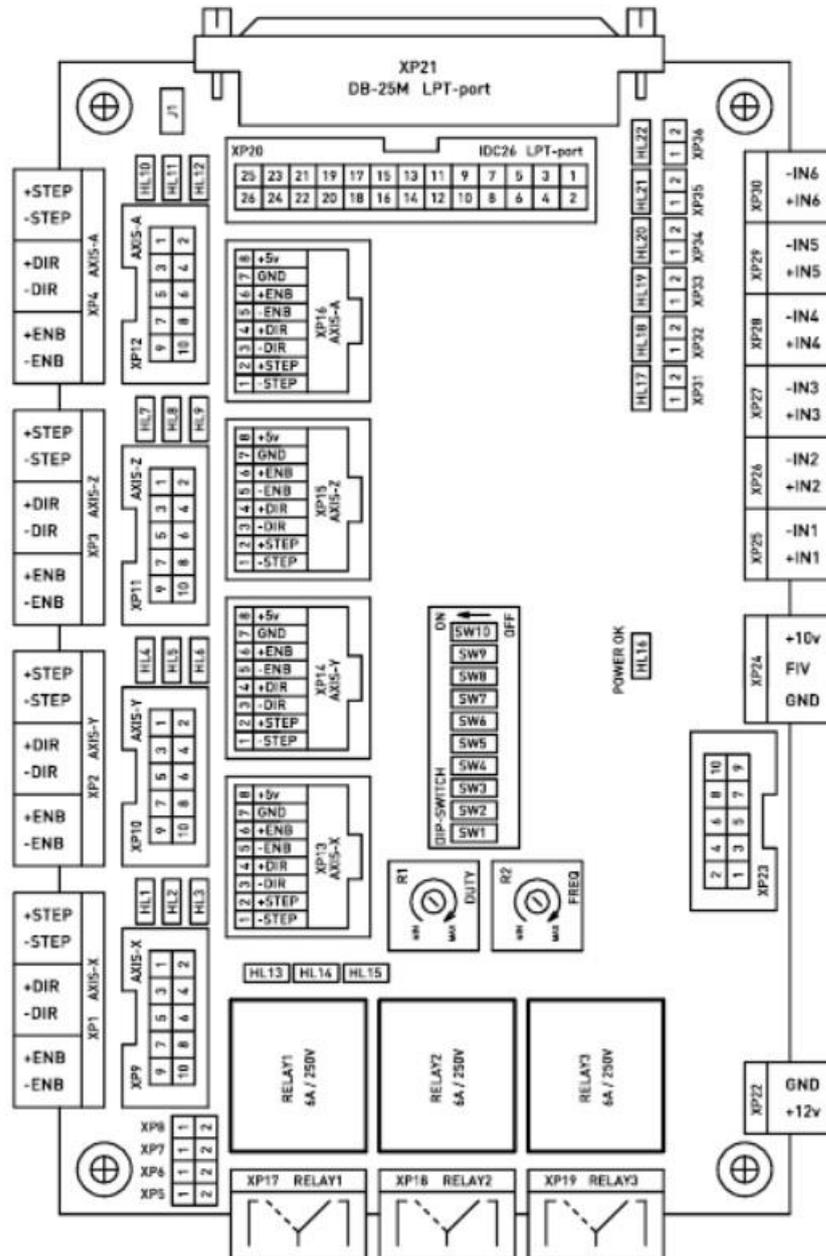


Рисунок 2.19 – Назначение разъемов, переключателей и индикации

3 НАСТРОЙКА И РАБОТА В CNC MACH3

3.1 Установка программы Mach3 и проверка быстродействия

Mach3 это программный пакет, который запускается на персональном компьютере, и превращает его в продвинутый контроллер станка с числовым программным управлением [9]. Для запуска программы достаточно Windows XP или выше. Управление драйверами шаговых двигателей производится через последовательный (COM) или параллельный (LPT) порт. В данной работе управление осуществляется через параллельный порт.

После запуска инсталляционного файла, необходимо пройти привычные для Windows программ шаги установки. Затем, необходима обязательная перезагрузка компьютера, иначе драйвер, контролирующий прерывания установится не корректно.

В результате установки программы на рабочем столе появятся несколько иконок, Mach2Mill, Mach2Turn и т.д., запускающие определенный профиль. Для управления фрезерным станком с ЧПУ используется профиль Mach2Mill.

Перед подключением станка строго рекомендуется протестировать систему на работоспособность и необходимое быстродействие. Mach3 использует высокие права доступа в Windows для своей работы. Поэтому наличие запущенных других программ и множество фоновых процессов, может завершить выполнение Mach3. Для тестирования необходимо запустить файл DriverTest.exe, который находится в папке с установленной программой. Частота импульсов должна находиться в пределах 25914 Гц. Замеры циклов прерываний не должны превышать 10 мкс, рисунок 3.1.

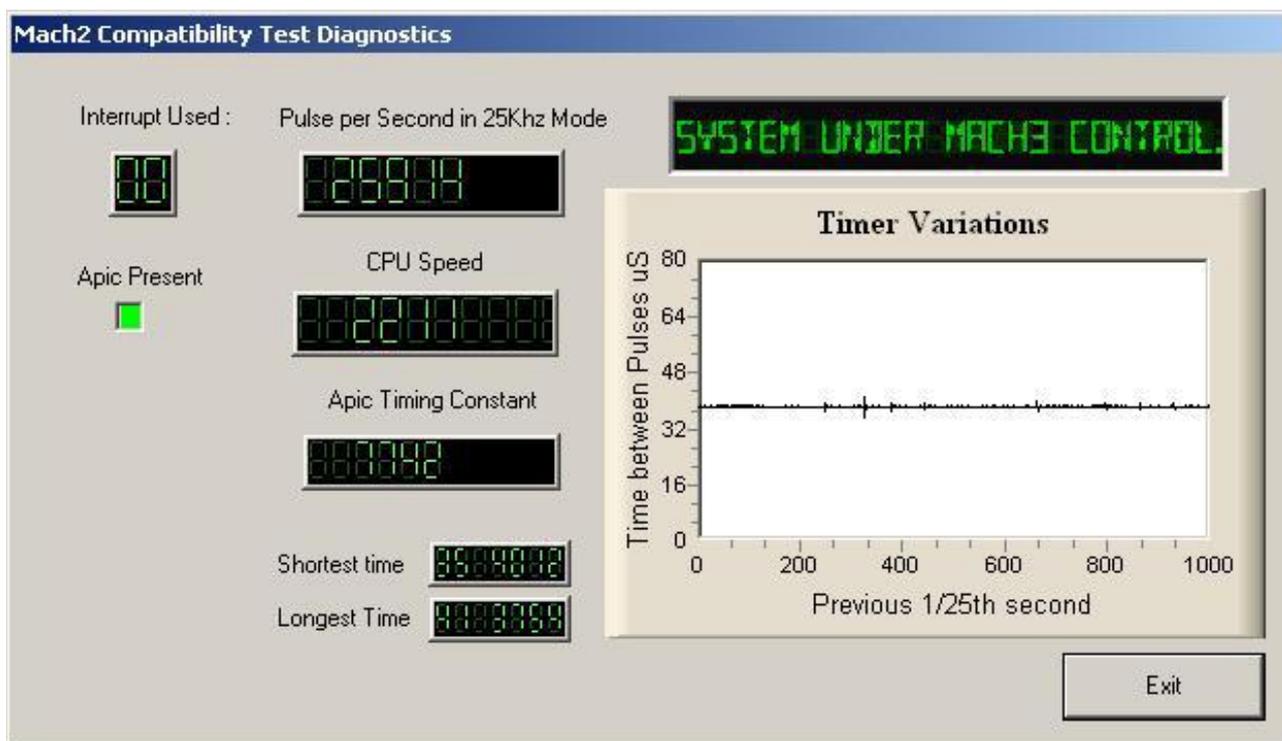


Рисунок 3.1 – Окно диагностики системы на быстродействие

3.2 Основные настройки Mach3 для работы с электрооборудованием станка

3.2.1 Настройка порта LPT

Для связи MACH3 с интерфейсной платой необходимо выполнить настройку порта LPT. Для этого необходимо открыть «Config» → «Port and Pins» и поставить галку в окне поля «Port #1» напротив «Port Enabled», также в поле «Port Address» указать адрес LPT – порта. В поле «Kernel Speed» выставить скорость обмена, рекомендовано 25000 Hz. Настройка LPT – порта изображена на рисунке 3.2.

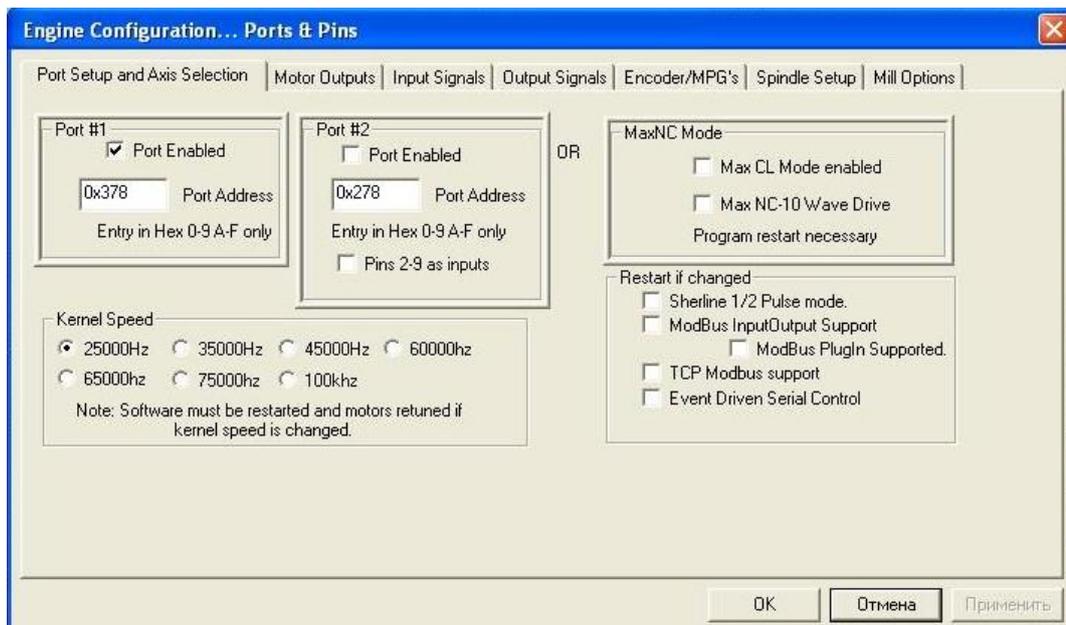


Рисунок 3.2 – Настройка LPT порта

Для проверки работоспособности платы можно настроить 17 контакт и попробовать переключать реле платы коммутаций.

3.2.2 Настройка осей и скорости шаговых двигателей

Для корректной работы необходимо выставить используемые оси, их контакты на плате и настроить скорости и ускорения. Для этого откроем окно «Motor Outputs» по пути «Config» → «Port and Pins» → «Motor Outputs». Выставим пины направления и шага, укажем порт, рисунок 3.3.

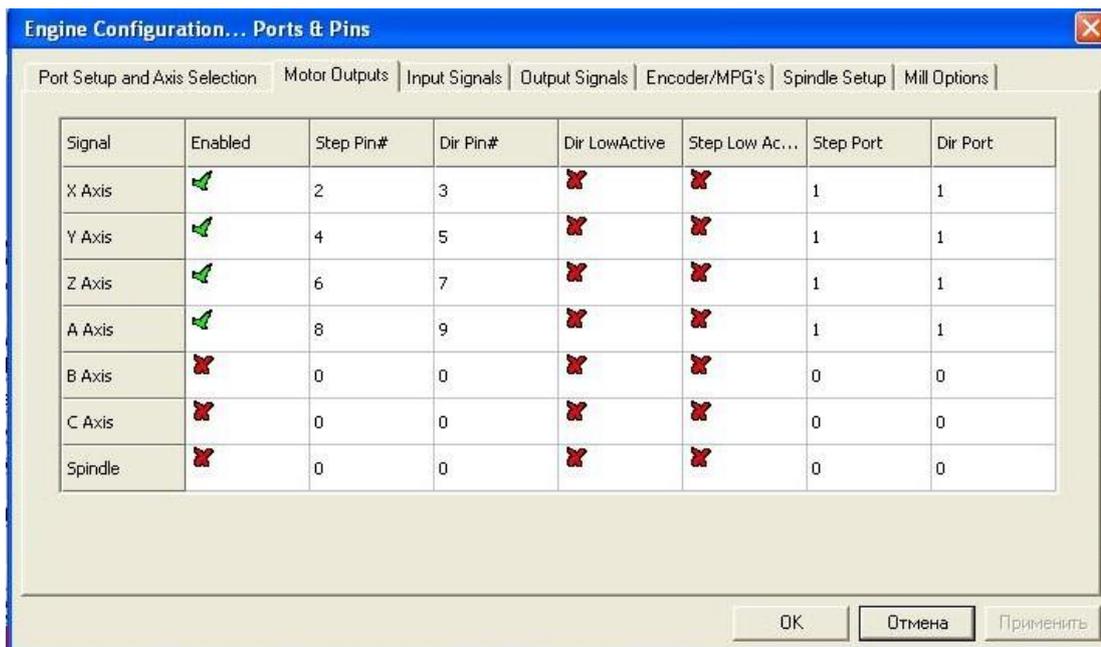


Рисунок 3.3 – Настройка осей

Откроем окно «Config» → « Motor Tuning», в котором для каждой оси выставим количество импульсов «Steps per» для поворота двигателя на один оборот. Расчет количества импульсов осуществляется по следующей формуле:

$$Sp = \frac{n_{\text{step}} \cdot d_{\text{step}}}{M}, \quad (3.1)$$

где Sp – необходимое количество импульсов на один оборот вала, имп/об;

n_{step} – количество шагов на один оборот ШД, шаг/об;

M – шаг резьбы, мм/виток.

Далее опытным путем устанавливаются скорость и ускорения, при этом необходимо, чтобы двигатель двигался плавно и издавал низкий уровень шума. На рисунках 3.4 – 3.6 приведены настройки скорости и ускорения для 3 осей.

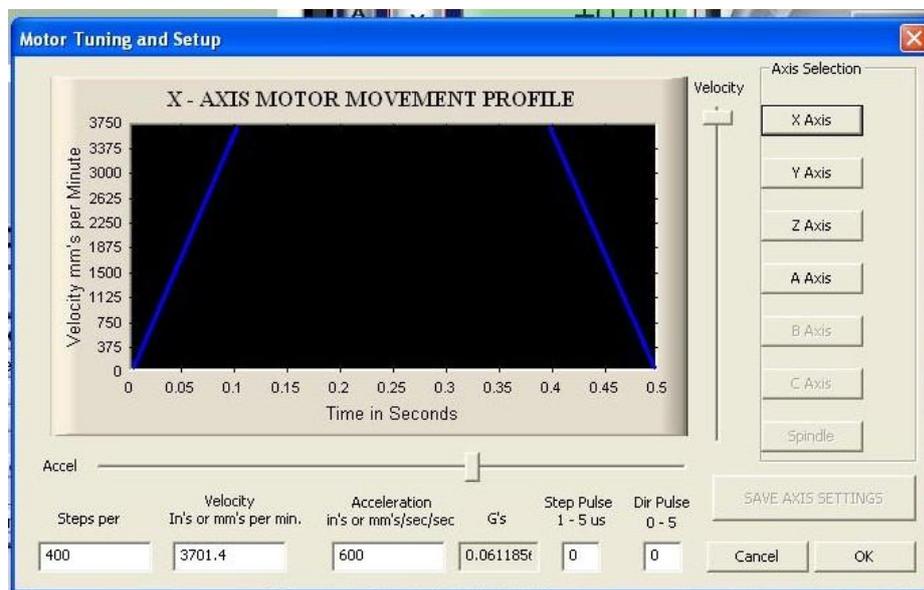


Рисунок 3.4 – Настройка шагового двигателя оси X

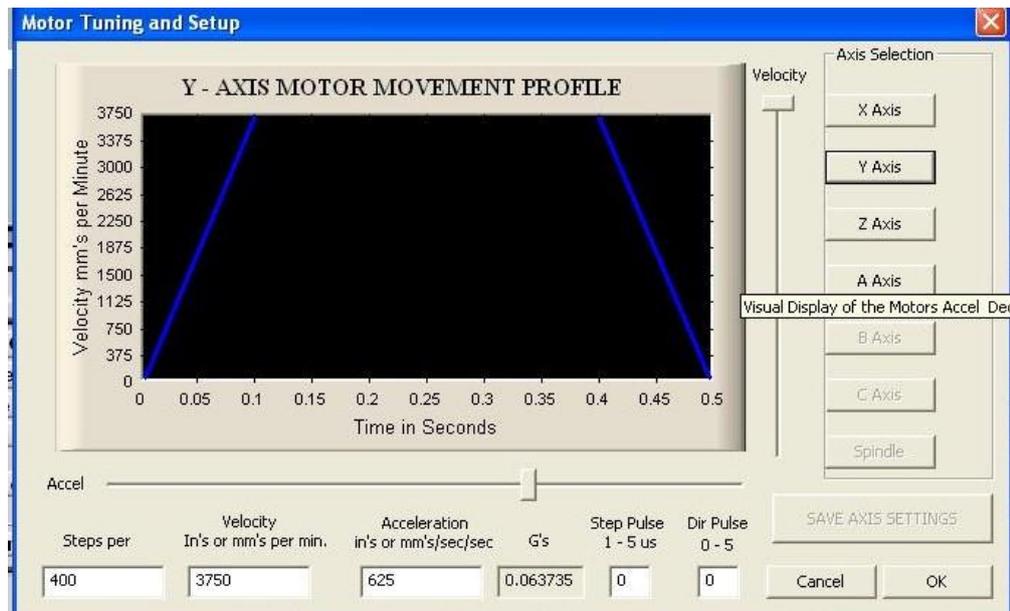


Рисунок 3.5 – Настройка шагового двигателя оси Y

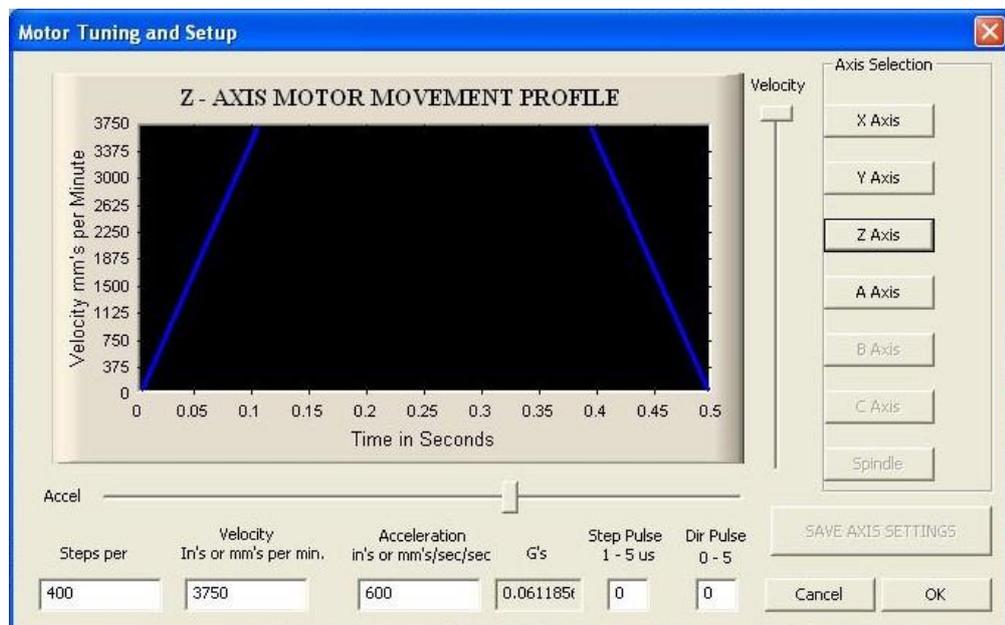


Рисунок 3.6 – Настройка шагового двигателя оси Z

3.2.3 Настройка кнопки аварийного останова и концевых выключателей

Для работы индуктивных датчиков концевого положения необходимо выполнить их настройку. Для этого перейдем по пути «Config» → «Port and Pins» → «Input Signal» и произведем необходимые настройки, рисунок 3.7.

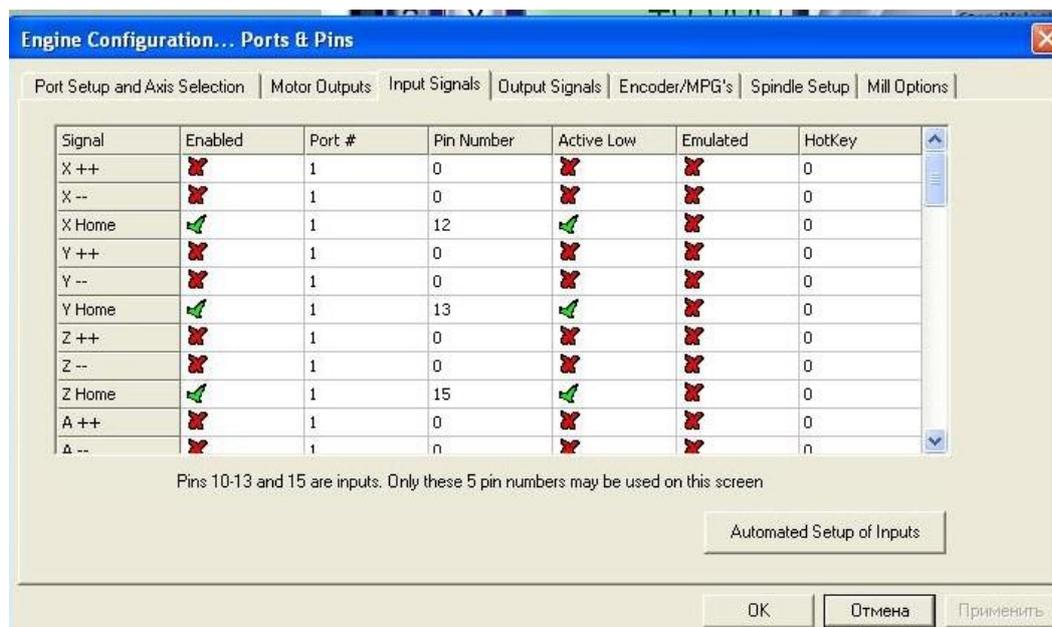


Рисунок 3.7 – Настройка входов

3.2.4 Ручное управление. Настройка нулевых положений и ограничений

По нажатию кнопки «Tab» открывается окно ручного управления, рисунок 3.8.



Рисунок 3.8 – Окно ручного управления

Выведем каретку в начальное положение по оси X и проверим работу концевого выключателя в окне «Diagnostics», рисунок 3.9.

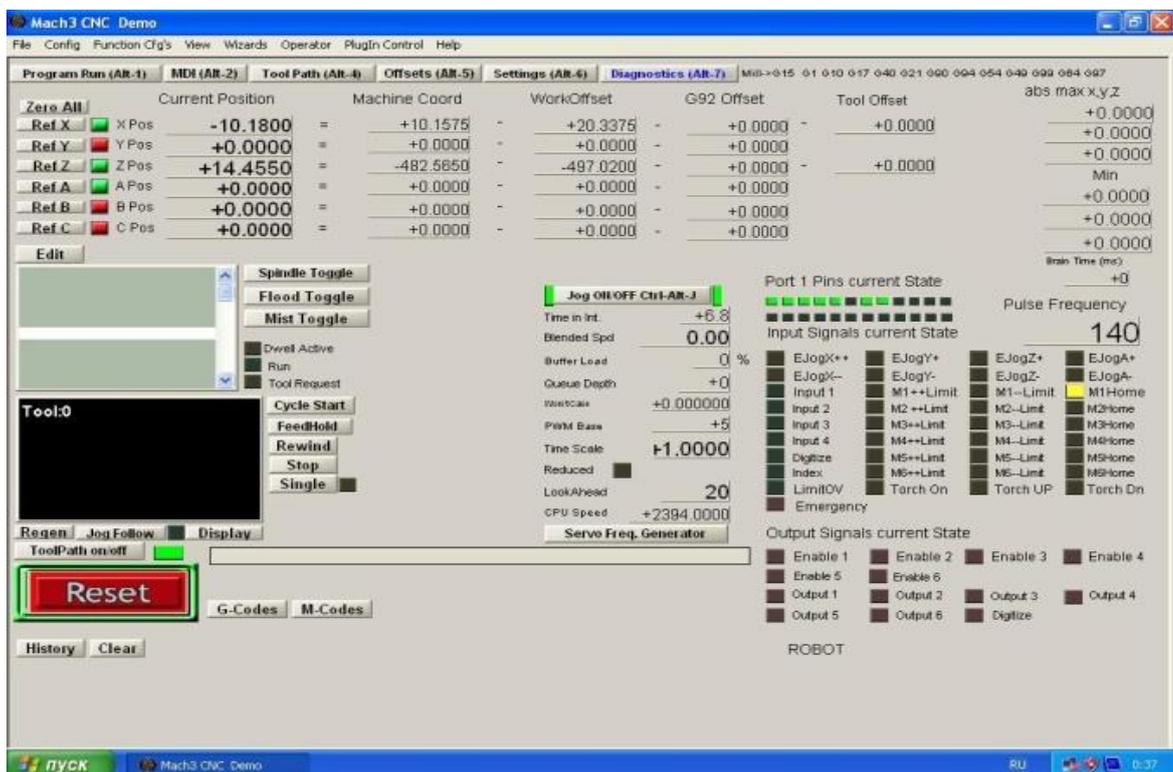


Рисунок 3.9 – Окно «Diagnostics»

Опытным путем установим ограничения для осей и положение «Номе» в окне расположенному по пути «Config» → «Homing/Limits», рисунок 3.10.



Рисунок 3.10 – Положение "Номе" и лимиты осей

Проверка правильности установки положения «Номе» выполняется нажатием кнопки «GOTO ZERO», при этом станок должен переместить шпиндель в нулевое положение по всем трем осям.

4 РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ В ARTCAM

В качестве среды разработки управляющей программы для работы станка с ЧПУ выбрана САМ-система ArtCAM v2018. Данная система является основным инструментом для автоматического создания управляющих программ (УП) на основе геометрической информации, созданной в программах 3D моделирования или в САД-системе. Достоинства такого подхода заключаются в удобстве выбора геометрии, наглядности работы, хорошей скорости расчетов, возможности проверки и редактирования созданных траекторий [10], предназначена для работы с самым современным оборудованием и способна создавать УП для 5-осевого фрезерования самых сложных деталей.

4.1 Создание новой модели

В качестве примера приводится разработка управляющей программы изготовления клина. Создание УП начинается с запуска ArtCAM 2018 и выбора размеров новой заготовки, указанными на рисунке 4.1.

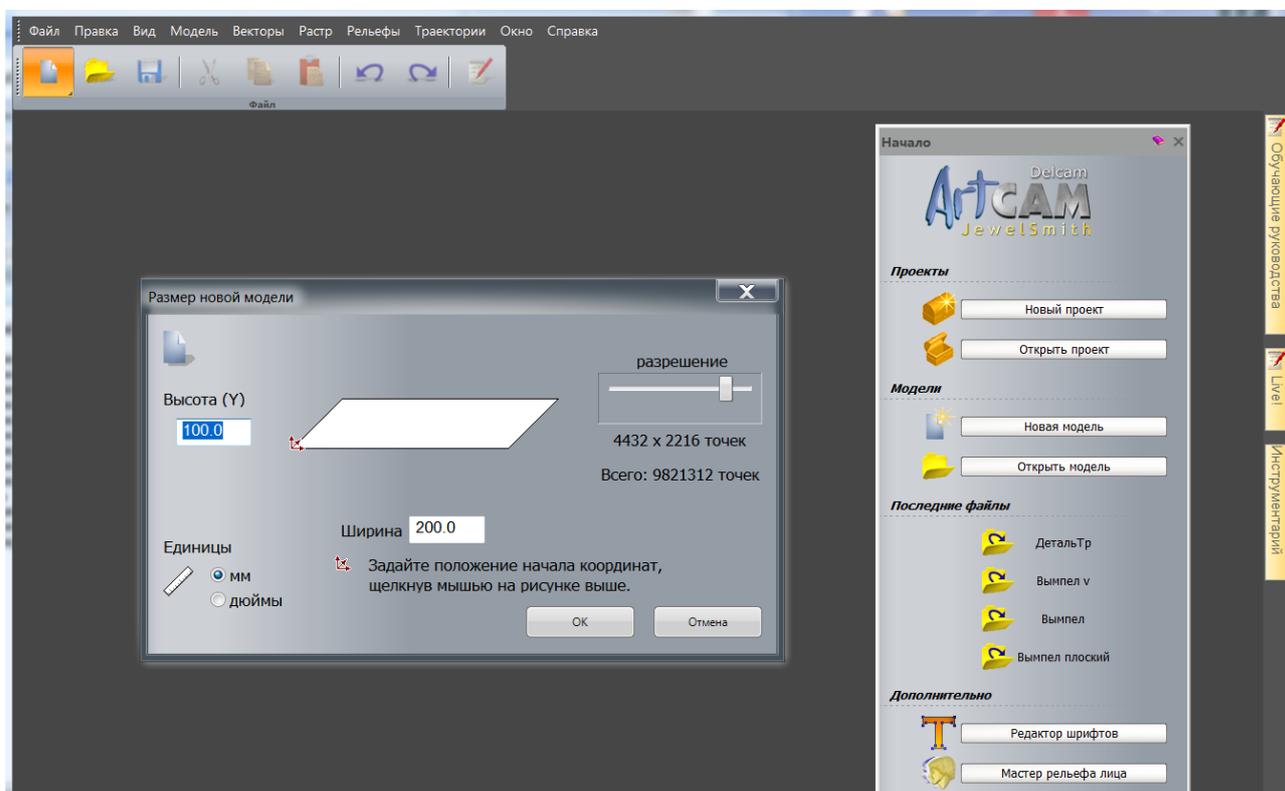


Рисунок 4.1 – Окно создания новой модели

Импортируем твердотельную модель, предварительно сохранённую в САД-системе в формате .STL, используя меню «Рельефы», пункт «Импорт 3D модели...». При вставке, модель ориентируем по центру новой заготовки, изменяя параметры вставки в окне «Вставка 3D Модели», рисунок 4.2. В результате получим объёмную модель, которая должна располагаться по центру заготовки, причём между краями модели и заготовки должен запас свободного пространства, для работы фрезы.

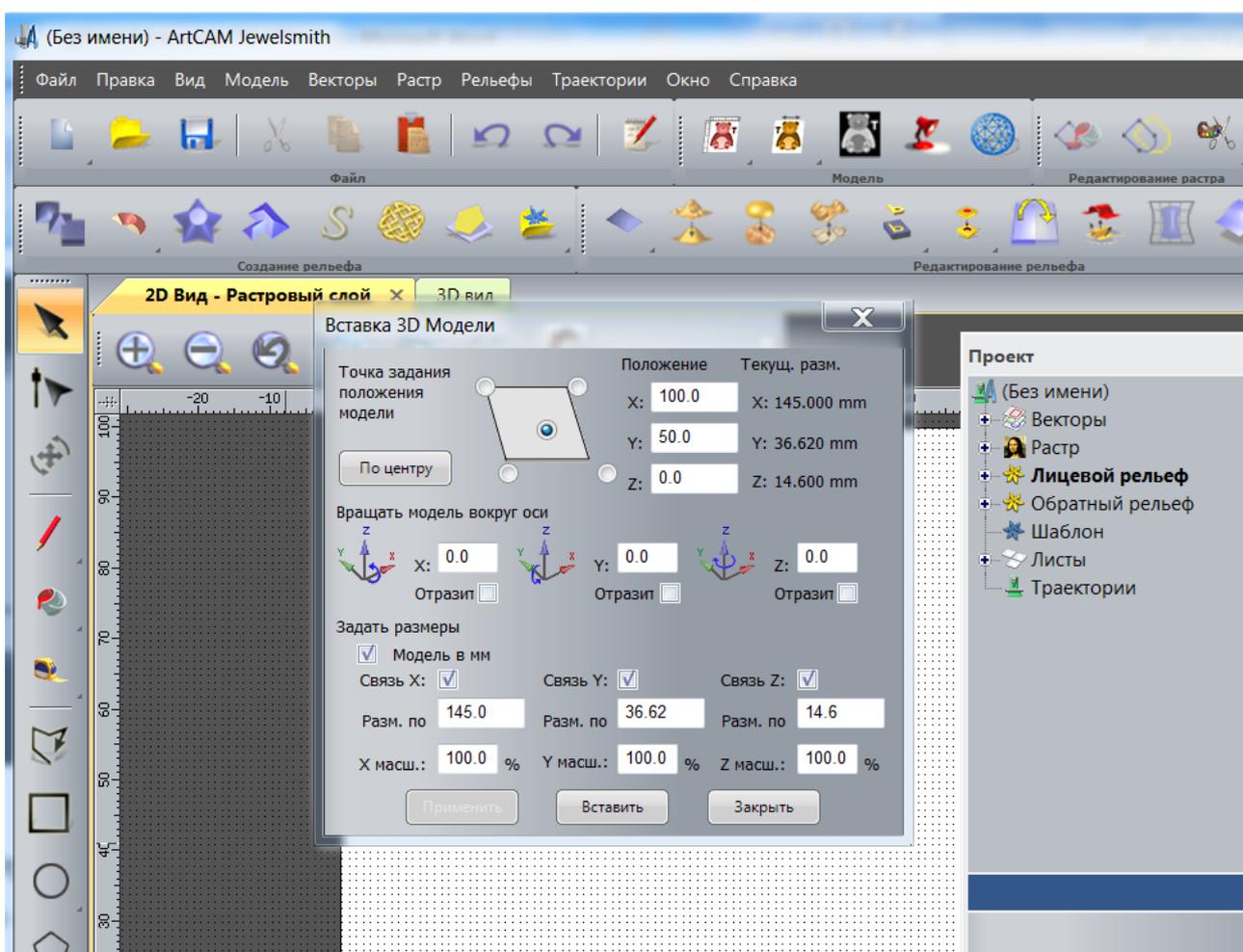


Рисунок 4.2 – Окно «Вставка 3D-модели»

Для удобства дальнейшей работы создаём полутоновое изображение модели с помощью меню «Модель», пункт «Создать полутоновое изображение», рисунок 4.3.

Обработка заготовки будет состоять из трёх этапов: грубая обработка, чистовая обработка и обрезка. Для каждого этапа обработки в 2D-окне укажем ограничивающие зоны. С помощью инструмента прямоугольник создадим эти

зоны, рисунок 4.4. Разделение заготовки на зоны позволяет использовать разные управляющие программы отличающиеся стратегией обработки и режущим инструментом, учитывать технологичность изготовления деталей.

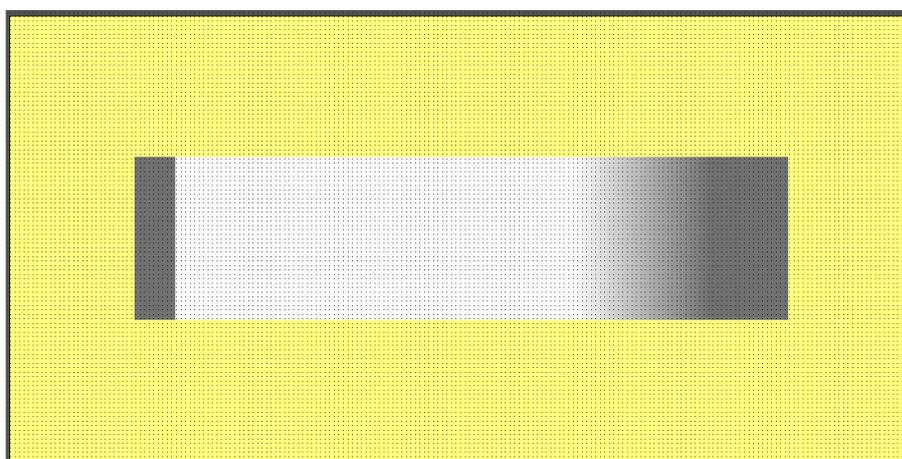
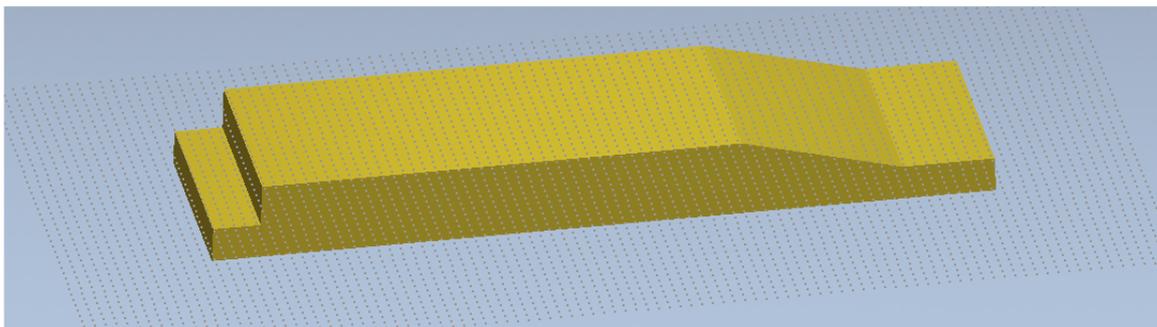


Рисунок 4.3 – Создание полутонового изображения в окне 2D-вида

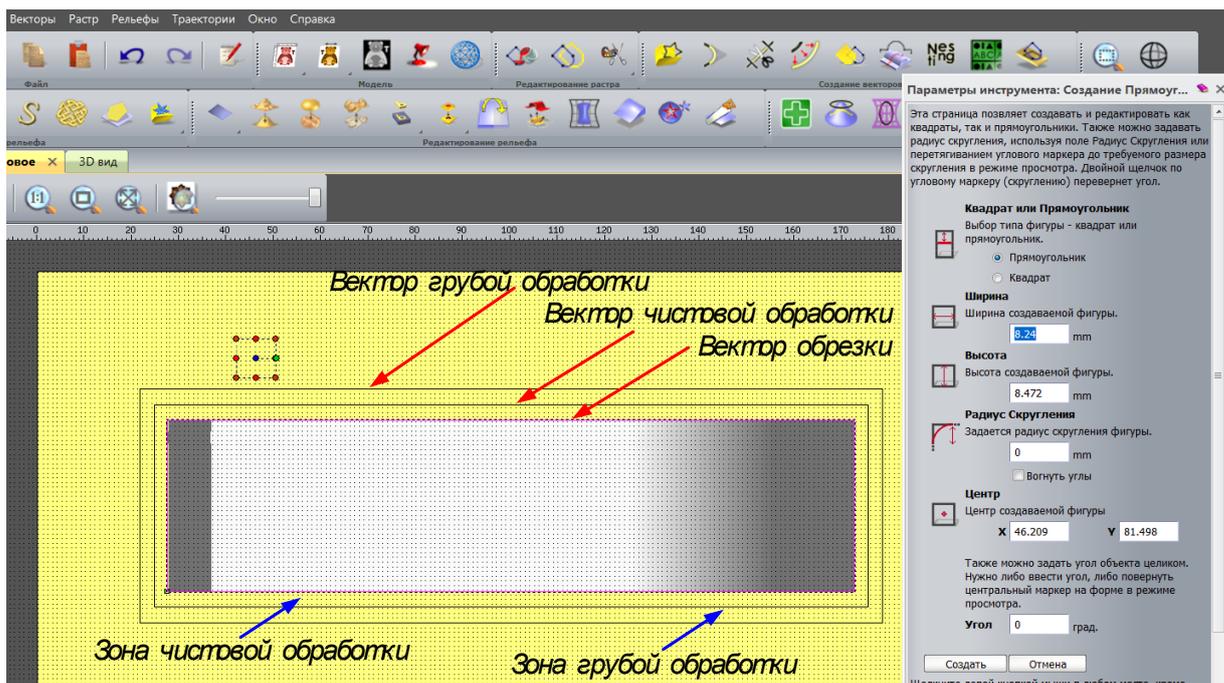


Рисунок 4.4 – Создание зон обработки

4.2 Управляющая программа черновой обработки

Первая управляющая программа создаётся для первой грубой обработки концевой спиральной двухзаходной с удалением стружки вверх фрезой Dجتol 2LX425. Диаметр хвостовика $D=4$ мм, двухзаходная, диаметр режущей части $d=4$ мм и длина режущей части $l=25$ мм, длина фрезы $L=50$ мм. Фреза изготовлена из мелкозернистого твёрдого сплава и предназначена для обработки дерева, пластика и мягких металлов, рисунок 4.5.



Рисунок 4.5 – Фреза Dجتol 2LX425

В окне 2D-вида выделяем вектор грубой обработки и в меню «Траектории» выбираем пункт «Создать траекторию черновой по Z». В появившемся окне выбираем черновой инструмент, задаём его параметры и режимы работы, рисунок 4.6.

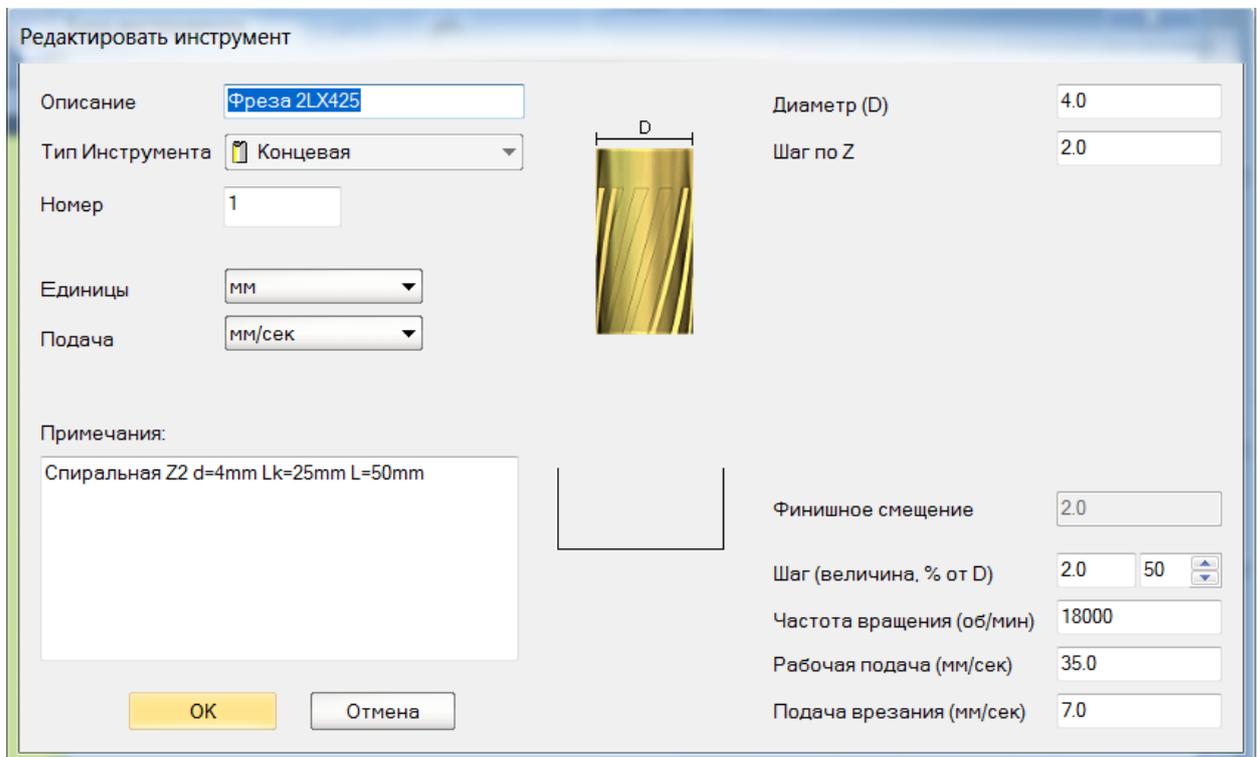


Рисунок 4.6 – Окно редактирования параметров инструмента

Далее определяем параметры заготовки и положение 0 (ноль) по оси Z заготовки, рисунок 4.7.

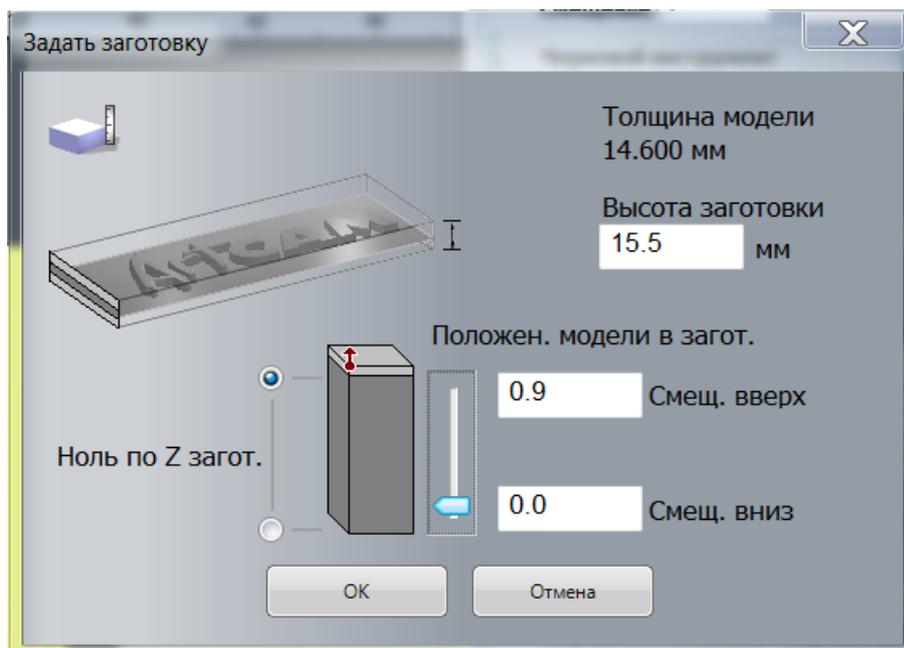


Рисунок 4.7 – Окно определения параметров заготовки

Задаем припуск при черновой обработке – 0,5 мм, программа рассчитывает количество слоёв (проходов фрезы) и их толщину, рисунок 4.8.

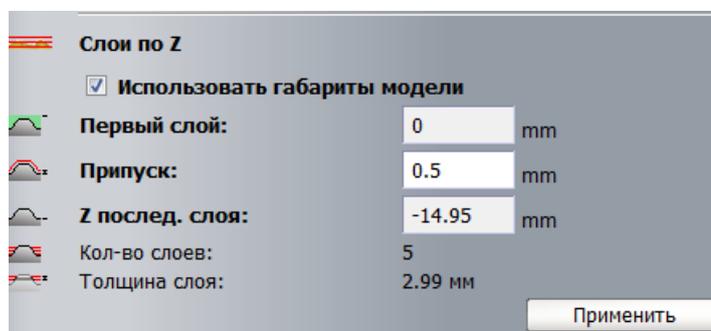


Рисунок 4.8 – Расчёт числа проходов фрезы

Указываем плоскость безопасности, т. е., минимальную величину по оси Z от самого верхнего края заготовки до фрезы – 10 мм. Назначаем стратегию черновой обработки – растр и записываем имя первой управляющей программы – 1grubo, запускаем вычисление УП, рисунок 4.9.

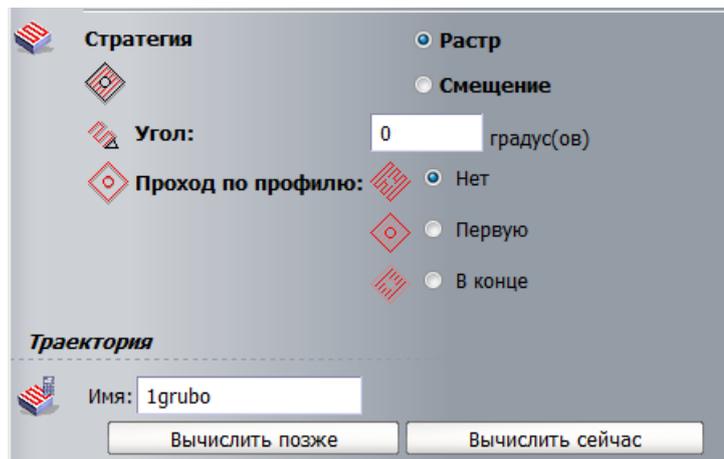


Рисунок 4.9 – Выбор стратегии

Затем, используя режим имитации управляющей программы, визуально проверяем результаты черновой обработки, рисунок 4.10. и выводим сводку о траектории, рисунок 4.11.

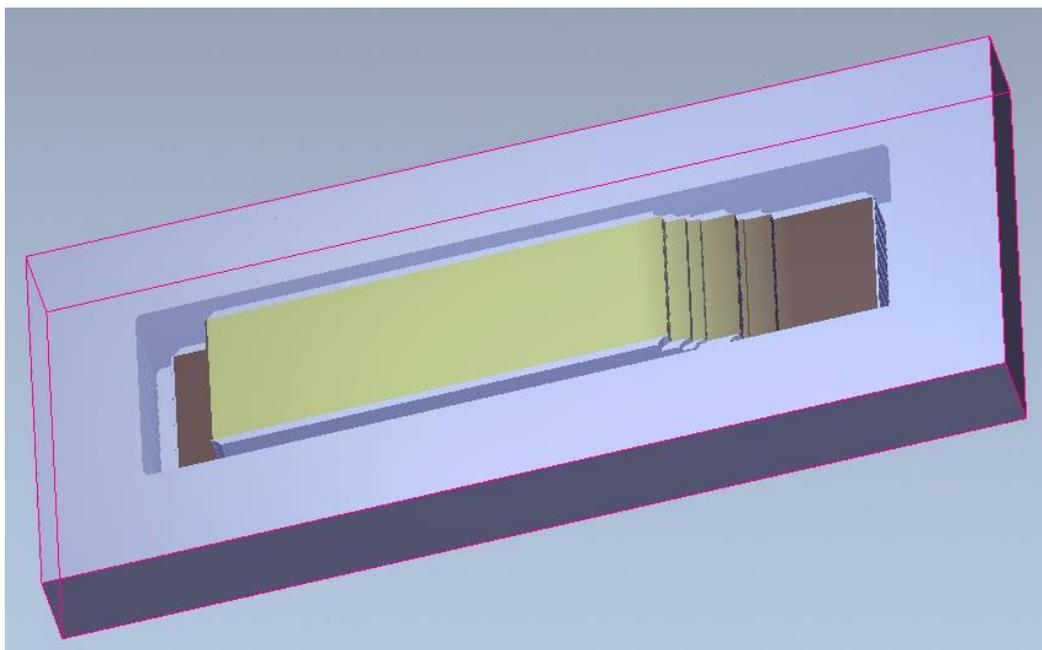


Рисунок 4.10 – Результаты имитации черновой обработки

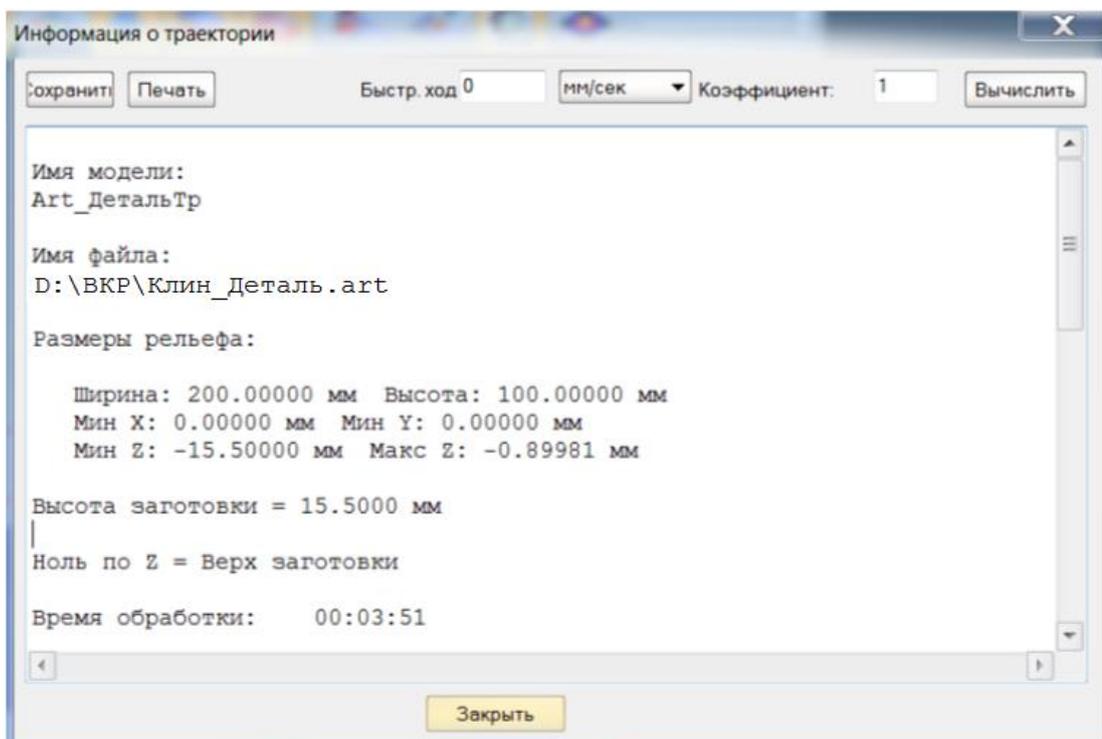


Рисунок 4.11 – Сводка о траектории

4.3 Управляющая программа чистовой обработки

Создание управляющей программа чистовой обработки начинается с выделения вектора чистовой обработки и перехода в раздел «Создать траектории обработки рельефа» в окне «Траектории», раздел 3D траектории, рисунок 4.12.

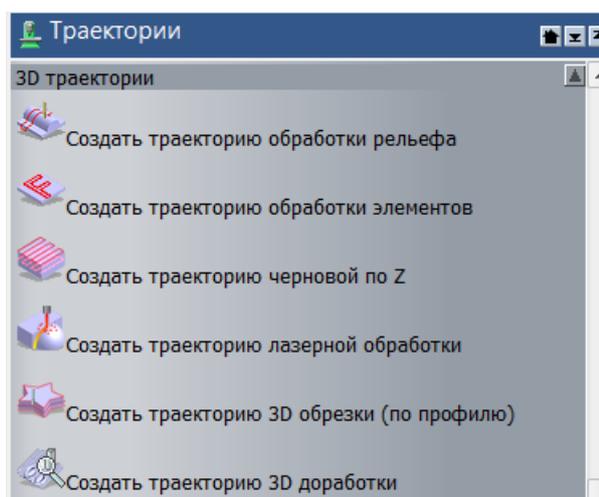


Рисунок 4.12 – Окно выбора траекторий обработки

Вторая управляющая программа, чистовой обработки, рассчитывается для конической круглой фрезы типа KN2QXJ61020 предназначенной для 3D

обработки дерева, пластика, латуни, алюминия и стали, рисунок 4.13.

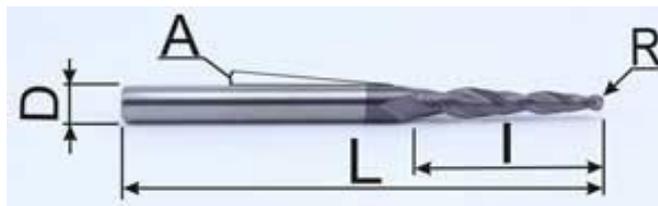


Рисунок 4.13 – Фреза KN2QXJ61020

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

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

Величина припуска при чистовой обработке – $0,0$ мм.

Имя управляющей программы задаём – 2chisto, запускаем вычисление, осуществляем имитацию УП и визуально проверяем результаты чистовой обработки, рисунок 4.14. Выводим сводку о работе чистовой управляющей программы.

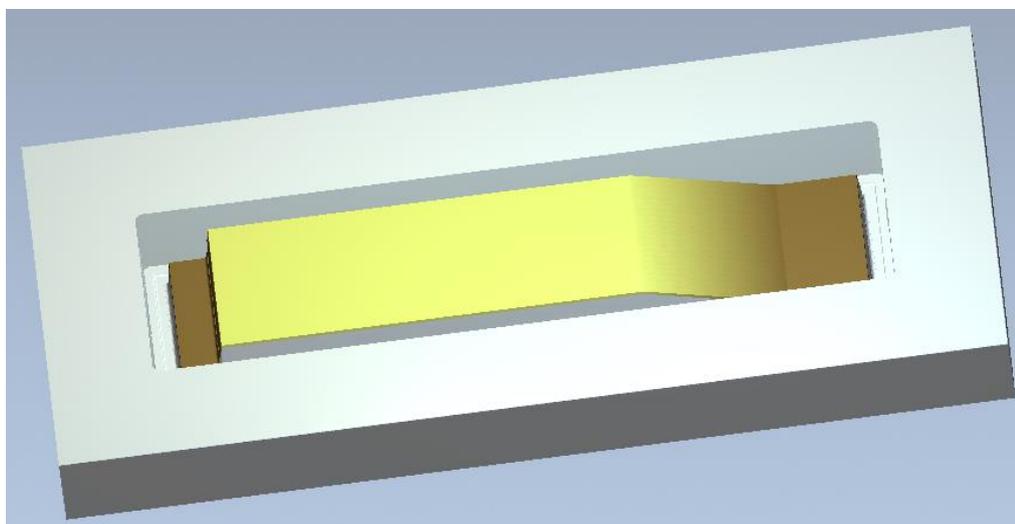


Рисунок 4.14 – Результаты чистовой обработки

4.4 Управляющая программа обрезки по контуру

Третьим этапом является обрезка по контуру, которая позволяет отделить деталь от заготовки. Создание управляющей программы производится с помощью пункт «Создать траекторию обработки по профилю», окна «Траектории». Для того чтобы при вырезании деталь не сместилась в параметрах траектории указывается добавление перемычек в данном случае 6 штук, рисунок 4.15.

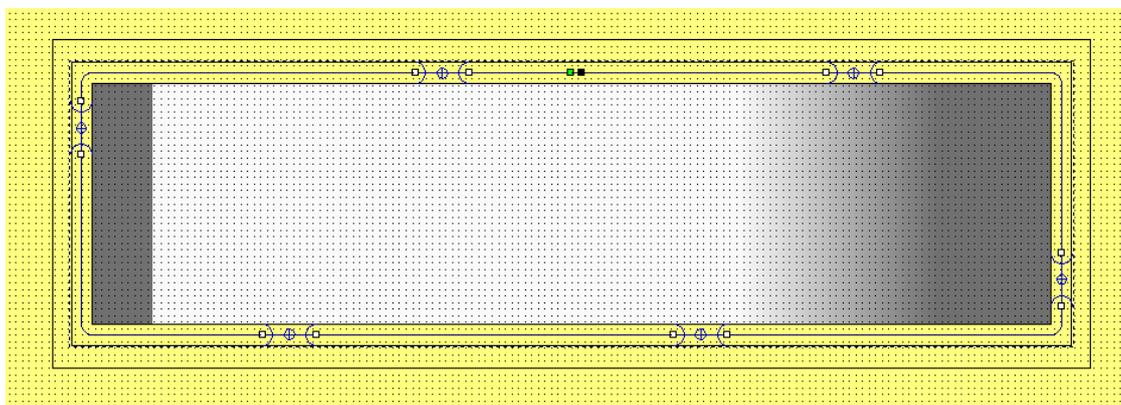


Рисунок 4.15 – Добавление перемычек к профилю

Затем, проводим имитацию и визуализацию траектории, рисунок 4.16.

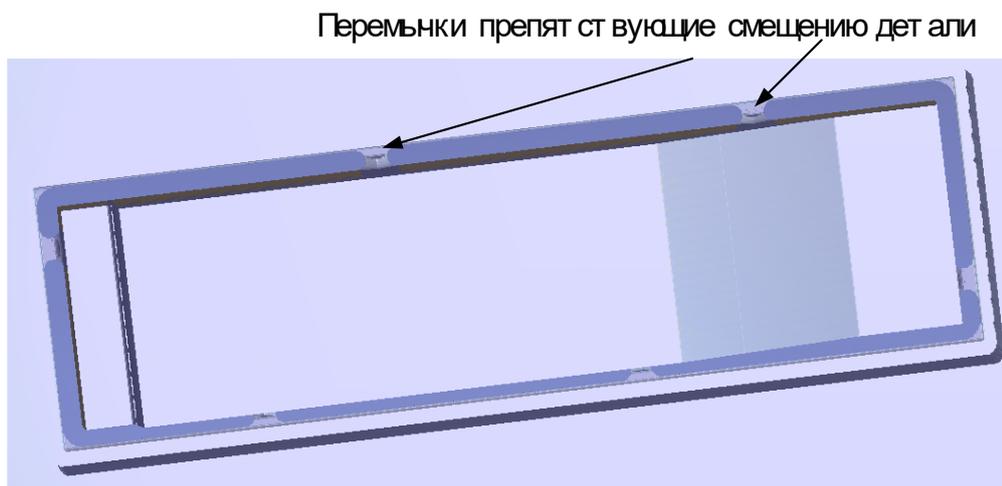


Рисунок 4.16 – Расположение перемычек вокруг контура детали

Итак, созданы три управляющие программы, чтобы их передать на фрезерный станок с ЧПУ надо предварительно каждую программу сохранить под своим именем. Причём при сохранении программ в формате .CNC в

параметрах выходного файла нужно указать, соответствующий используемому станку, постпроцессор, рисунок 4.17. Полученная таким образом программа представляет собой текстовый файл, в котором записаны команды G-кода.

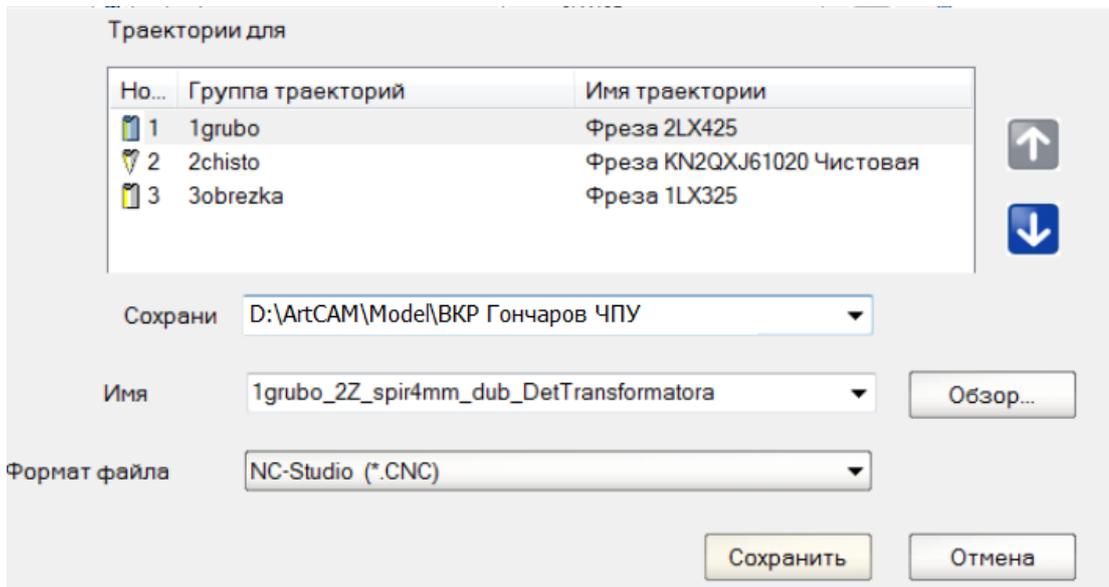


Рис. 4.1 – Сохранение управляющих программ

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

```

%
T1M6
G0Z10.000
G0X0.000Y0.000S18000M3
G0X23.973Y27.447Z10.000
G1Z-1.869F420.0
G1X156.206Y27.447F2100.0
X176.038Y27.448
X176.037Y29.397
X130.955Y29.397
X131.216Y29.490
X131.622Y29.625
X131.961Y29.806
.....
X26.681Y29.355
X26.797Y29.318
X23.973Y29.318
G0Z10.000
G0X0.000Y0.000
G0Z10.000
G0X0Y0
M30

```

При сохранении управляющей программы использовался постпроцессор TAR, который представляет G-код для станков ЧПУ работающих с программой

управления Mach3.

5 БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ

Система управления фрезерным станком с ЧПУ включает в себя большое количество электрооборудования и механических устройств. Крайне важно поддерживать оборудование в исправном состоянии, соблюдать технику безопасности и проводить регулярный инструктаж. Несоблюдение правил безопасности может привести к чрезвычайным ситуациям.

5.1 Безопасность

В данном пункте указаны меры безопасности по обеспечению безопасных условий труда при работе на фрезерном станке с ЧПУ, эксплуатации электрооборудования, механизмов и инструмента [11].

При работе на станке с ЧПУ необходимо неукоснительно соблюдать технику безопасности - это поможет не только продлить срок эксплуатации оборудования, но и, сохранит здоровье и жизнь специалиста.

Неосторожные действия и несоблюдение техники безопасности, в частности при контакте с вращающимися деталями оборудования, могут привести к травмам. Обломки фрезы в случае повреждения способны нанести серьезные ранения. Также может принести вред отлетающая стружка. Меры безопасности подробно описаны в «Типовой инструкции» (РД 153-34.0-03.290-00) [12].

5.1.1 Общие требования безопасности и охраны труда

К работе на фрезерных станках с ЧПУ допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, теоретическое и практическое обучение, проверку знаний требований безопасности труда и получившие допуск к самостоятельной работе. Работник обязан правильно использовать производственное оборудование, инструменты, сырье и материалы, применять технологию, следить за исправностью используемых оборудования и инструментов в пределах выполнения своей трудовой функции; использовать и правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты. Так же он должен быть обучен правилам безопасного выполнения

работ на станке; применять безопасные приемы выполнения работ; уметь оказывать первую помощь пострадавшим.

Работа на фрезерных станках может сопровождаться наличием ряда вредных и опасных производственных факторов:

- электрический ток;
- мелкая стружка, аэрозоли смазочно-охлаждающей жидкости и отлетающие кусочки металла;
- высокая температура поверхности обрабатываемых деталей и инструмента и повышенный уровень вибрации;
- движущиеся машины и механизмы, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- недостаточная освещенность рабочей зоны, наличие прямой и отраженной блескости, повышенная пульсация светового потока.

Для защиты от воздействия вредных и опасных факторов производственной среды, при работе на фрезерных станках с ЧПУ выдаются средства индивидуальной защиты. Личную одежду и спецодежду необходимо хранить отдельно в шкафчиках и гардеробной. Уносить спецодежду за пределы предприятия запрещается.

Для защиты глаз фрезеровщику следует использовать прозрачные предохранительные экраны или защитные очки, рисунок 5.1 [13].



Рисунок 5.1 – Плакат требующий использовать очки

При возникновении несчастного случая, микротравмы пострадавший должен постараться привлечь внимание кого-либо из работников к произошедшему событию, при возможности, сообщить о произошедшем непосредственному руководителю, любым доступным для этого способом и обратиться в здравпункт.

Для сохранения здоровья работник должен соблюдать личную гигиену. При работе с веществами, вызывающими раздражения кожи рук, следует пользоваться защитными перчатками, защитными кремами, очищающими пастами, а также смывающими и дезинфицирующими средствами. Перед приемом пищи обязательно мыть руки теплой водой с мылом. Для питья употреблять воду из диспенсеров, чайников. Принимать пищу разрешается только в специально отведенных для этой цели местах. Курить в помещениях и на территориях учреждения категорически запрещается

5.1.2 Требования охраны труда перед началом работы

Проверить чистоту рабочего места и станка, при необходимости произвести уборку. Рабочее место не должно быть захламлено и загромождено, проверить исправность и комплектность исходных материалов. Надеть положенные спецодежду, спецобувь и средства индивидуальной защиты, предварительно проверив их исправность. При нарушении целостности спецодежды, спецобуви и СИЗ необходимо сообщить об этом непосредственному руководителю [14].

Перед началом работы необходимо проверить исправность оборудования, наличия и состояния оградительной техники, защитных блокировок, сигнализации, контрольно-измерительных приборов, защитных заземлений, средств пожаротушения, исправности освещения, вентиляционных установок. Проверить, хорошо ли убраны станок и рабочее место. Надеть спецодежду, застегнуть рукава и куртку, надеть головной убор. Проверить наличие и исправность защитного экрана и защитных очков, предохранительных

устройств защиты от стружки и охлаждающих жидкостей. Отрегулировать местное освещение так, чтобы рабочая зона была достаточно освещена и свет не слепил глаза. Проверить наличие смазки станка. При смазке пользоваться только специальными приспособлениями. Проверить наличие предупреждающих и предписывающих плакатов (знаков), рисунок 5.2 .

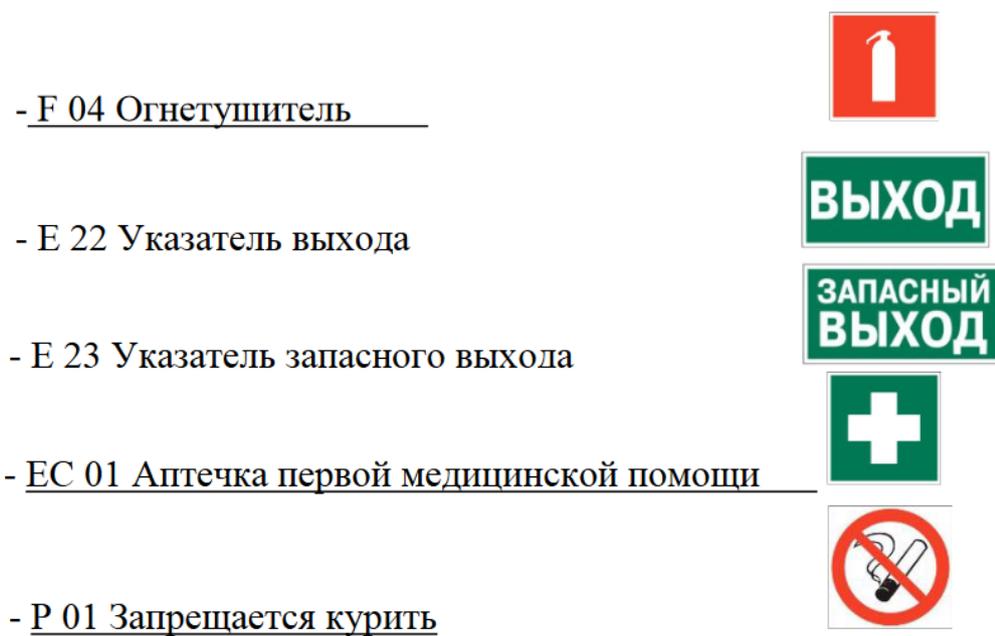


Рисунок 5.2 – Предупреждающие и предписывающие знаки

Проверить холостом ходу работу станка, исправность органов управления, исправность системы смазки и охлаждения, исправность фиксации рычагов включения и переключения (убедиться в том, что возможность самопроизвольного переключения с холостого хода на рабочий исключена).

Станки с ЧПУ должны иметь блокировки: позволяющие работать по программам только при закрытых ограждениях, исключающие включение цикла обработки при незакрепленных деталях или при неправильном их положении на рабочих позициях, не допускающие самопроизвольных перемещений подъемников, транспортных устройств, механизмов поворота деталей, накопителей и других подвижных элементов станка или линии. Не допускать выполнения нового автоматического цикла обработки до полного окончания предыдущего, обеспечивать возможность автоматической смены инструмента в многоинструментальных станках с ЧПУ лишь в случаях, когда

шпиндель не вращается, рисунок 5.3.

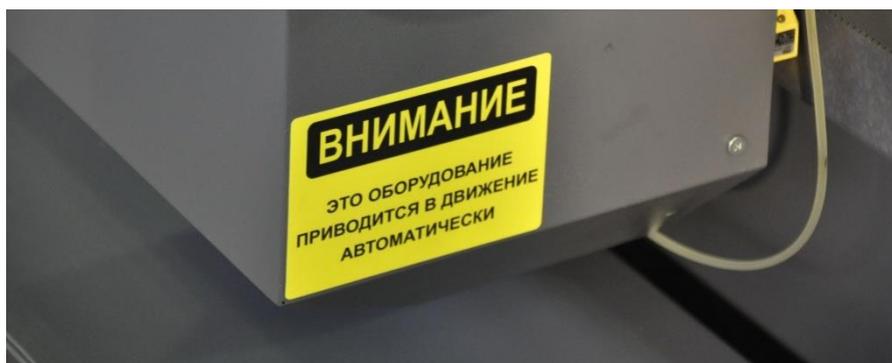


Рисунок 5.3 – Предупреждающая надпись на корпусе станка с ЧПУ

5.1.3 Требования охраны труда во время работы

Необходимо постоянно наблюдать за работой станка с ЧПУ в процессе работы: по сигнализации на панели управления электронного устройства; по контрольным точкам программ (возврат рабочих органов станка "в исходное состояние", "постоянство точки смены инструмента" в одной и той же позиции и др.); по характеру и величине линейных перемещений и вращательных движений рабочих органов станка и другого оборудования; по отклонениям характера и уровня шума различных механизмов; по четкости выполнения узлами оборудования с ЧПУ различных технологических команд.

Не допускать работу на станке с ЧПУ по изношенным или деформированным программным носителям. При переналадке с обработки детали одного наименования на другое обратить внимание на правильную расстановку упоров, определяющих точки "исходного состояния" рабочих органов для начала работы по программе. Помнить, что неправильно установленные упоры могут привести к ударам подвижных органов оборудования о неподвижные и вращающиеся. Для предотвращения ударов инструмента и рабочих органов оборудования о другие органы в случае сбоя и отказа ограничивайте величину перемещения подвижных органов от возможных ударов установкой такого положения концевых выключателей, которое автоматически исключает аварийную ситуацию.

Внимательно следить за состоянием режущего инструмента. Постоянно помнить, что несвоевременная остановка станка при поломках инструмента

может привести к тяжелым последствиям [15].

При замене изношенного программносителя или использовании нового обязательно проверять его исправность при работе станка на холостом ходу без детали, а правильность отработки самой программы проверять в режиме "отработка программы без перемещений" (режим эмуляции программы). Быть особо внимательным и осторожным при обработке первой детали после переналадок или смены программносителя. Не допускать при этом ввода в систему управления максимальных значений перемещений с корректирующего переключателя в сторону детали.

Проверять размеры и форму заготовок. В случае отклонения размеров и формы заготовки от чертежа заготовки (заложенных в программу обработки детали) немедленно сообщите об этом руководству. Всегда помнить, что значительное превышение припусков на обработку относительно расчетных при обработке на станке с ЧПУ может привести к недопустимо большим перегрузкам, вылету детали, поломкам инструмента и станка.

Не допускать попадания СОЖ на клемники, разъемы, датчики и другое электрооборудование и элементы автоматики. В случае наличия этих недостатков принять меры к их устранению.

Требовать от обслуживающего персонала своевременного и качественного проведения планово-предупредительного (ППР), профилактического (ПР) или текущего (ТР) ремонта. Периодически проверять самостоятельно состояние узлов станков с ЧПУ с целью выявления отклонений от нормальной работы на более ранней стадии. Следить за техническим состоянием зажимных элементов пневмопатронов, за их исправной работой и систематической очистке. Нечеткая работа зажимных элементов может привести к вылету детали в процессе обработки. При возникновении износа зажимных элементов следует восстановить их работоспособность. При этом необходимо соблюдать параметры выточек (диаметр, глубина, высота, ширина) в соответствии с программой обработки (технологией) конкретной детали. Невыполнение этих условий также может привести к вылету детали или же к

врезанию в зажимные элементы.

Не оставлять включенное или работающее оборудование с ЧПУ без присмотра. В случае кратковременного отлучения от станка полностью выключать всё оборудование. Не допускать опасных приемов и методов работы на станках с ЧПУ.

Все подготовительные работы на станках с ЧПУ проводят в их обесточенном состоянии или в режиме "Наладка":

- по установке и замене инструмента, приспособлений, патронов, заготовок и деталей и т.д.;
- по установке упоров "исходного состояния" и концевых выключателей;
- по регулировке механических узлов и систем смазки.

Нельзя работать без ограждения вращающихся частей в рабочей зоне станка. Не следует вмешиваться в автоматический цикл работы станка с помощью переключателей, кнопок, других элементов на панелях управления станка, электронного устройства и другого оборудования кроме "Прекращения общего цикла".

Работник должен применять исправное оборудование и инструмент, сырье и заготовки, использовать их только для тех работ, для которых они предназначены. При производстве работ по выполнению технологических (рабочих) операций быть внимательным, проявлять

Действия, направленные на предотвращение аварийных ситуаций. При ухудшении состояния здоровья, в том числе при проявлении признаков острого профессионального заболевания (отравления), работник обязан немедленно известить своего непосредственного или вышестоящего руководителя, обратиться в ближайший здравпункт.

Если в процессе работы работнику станет непонятно, как выполнить порученную работу, или в случае отсутствия необходимых приспособлений для выполнения порученной работы, он обязан обратиться к своему непосредственному руководителю. Во время проведения работ необходимо пользоваться и правильно применять выданные средства индивидуальной

защиты.

5.1.4 Завершение работ на станке с ЧПУ

Завершив выполнение производственных задач, работник должен выключить оборудование. Перед тем как покинуть рабочее место, необходимо:

- собрать осевшие на станке стружки и металлическую пыль;
- очистить технику от грязи;
- положить инструменты и приспособления на места;
- обеспечить смазку подвижных деталей станка;
- проверить систему охлаждения, в том числе проходимость водяных магистралей; если требуется, их следует продуть;

– доложить руководителю о выявленных во время работы недочетах или неисправностях.

Рабочую зону возле станка также следует привести в порядок. Готовая продукция, инструменты, приспособления, расходные материалы и прочий инвентарь должны располагаться в отведенных для этого местах. Еженедельно следует проводить генеральную чистку потолка, стен и пола промышленным пылесосом. Запрещено складировать остатки стружки в непосредственной близости к технике или в производственном цеху.

Завершающий этап - снять средства защиты и спецодежду, положить их в шкаф, после чего вымыть лицо и руки.

Соблюдение техники безопасности и гигиены труда при работе на фрезерных станках продлевает срок эксплуатации оборудования без ремонта, снижает вероятность непредвиденных поломок и обеспечивает сохранность здоровья и жизни сотрудников.

5.1.5 Меры безопасности при эксплуатации электрооборудования

Ответственность за соблюдение оборудования в исправном состоянии несет ответственный по охране труда. Как правило, ответственным за охрану труда назначается работодатель, либо другой уполномоченный руководителем организации работник.

Оборудование, которое будет использоваться в системе управления

станка, достаточно надежное и безопасное. Питание электроприемников станка выполняется сетью с системой заземления TN-C-S. Разделение нулевых PEN-проводников питающих линий на нулевые рабочие N- и защитные PE-проводники выполняется на распределительном щите ЩР. Общая установленная мощность электроприемников составляет $P=10$ кВт.

Эксплуатация оборудования должна производиться в соответствии с инструкциями, правилами и нормами безопасности, требованиями охраны труда и другими документами, своевременно проходить техническое плановое обслуживание, ремонт, профилактические испытания и другие виды обслуживания, обеспечивающие его исправную работу [16].

К работе на электрическом оборудовании допускаются лица, имеющие необходимую группу электробезопасности, прошедшие медосмотр и не имеющие противопоказаний по состоянию здоровья, прошедшие инструктаж по правилам эксплуатации и технике безопасности.

Для обеспечения электробезопасности автоматизированной системы управления станком применяются следующие технические способы и средства: изоляция токоведущих частей; оградительные устройства; знаки безопасности; расположение на безопасной высоте; малое напряжение; защитное заземление, защитное отключение; средства защиты и предохранительные приспособления.

Состояние изоляции проверяется перед вводом модернизированной электроустановки в эксплуатацию, после ее ремонта, а также после длительного ее пребывания в нерабочем положении. Кроме того, проводится профилактический контроль изоляции с помощью специальных приборов: омметров и мегомметров.

Для приборов, у которых токоведущие части не имеют конструкционного укрытия и доступны прикосновению, используют соответствующие защитные ограждения.

Чтобы уменьшить опасность поражения электрическим током и снизить значение тока, проходящего через тело человека, до безопасной величины, корпус станка заземлен, в результате которого создается цепь, шунтирующая

тело человека и обеспечивающая для токозамыкания путь с малым сопротивлением. При этом большая часть тока замкнувшейся фазы течет через заземляющее устройство, минуя тело человека.

Перед работой с данной системой обязательно должны проводиться инструктажи по охране труда и технике безопасности для всего персонала работающего или обслуживающего станок, кроме того, для всех работников должны быть разработаны соответствующие инструкции.

Персонал, работающий с электрическим оборудованием, должен быть обеспечен средствами электрозащиты и спецодеждой, а сами электрические установки – укомплектованы средствами защиты и всем необходимым для пожаротушения.

Проверку соблюдения данных требований предприятиями проводят органы энергоснадзора, государственной инспекции труда и др.

Меры предупреждения поражения людей электротоком включают ограждение и изоляцию любых частей электрического оборудования и установок, находящихся под напряжением.

Обязательной мерой является заземление или зануление всех металлических конструкций и кабелей системы электроснабжения, а также использование средств индивидуальной и коллективной электрозащиты.

Также к организационным мерам относятся меры по допуску к работе с электричеством и надзору во время работы специалистов на электроустановках.

5.2 Экологичность

С современным производством большое внимание уделяется экологичности при обработке материалов на станках с ЧПУ, чтобы уменьшить воздействие на окружающую среду. Этому может способствовать использование более экологически чистых материалов, переработанные или биоразлагаемые. Что позволит уменьшить количество отходов, образующихся в процессе обработки. Также существует тенденция использования энергоэффективных станков с ЧПУ, усовершенствование системы управления, которые могут оптимизировать процесс обработки для минимизации энергопотребления.

Некоторые процессы обработки с ЧПУ генерируют значительное количество отходов, которые можно повторно использовать их. Например, станки с ЧПУ оснащены системами, которые могут рециркулировать охлаждающую жидкость, используемую в процессе обработки, или могут использовать режущие инструменты, которые можно затачивать и использовать повторно вместо замены. Сокращая отходы и повышая эффективность использования ресурсов, обработка с ЧПУ может помочь минимизировать воздействие на окружающую среду и способствовать более устойчивому производственному процессу.

Чтобы обеспечить экологическую безопасность фрезерного станка с ЧПУ LE120152 идентифицируем экологические факторы объекта, таблица 5.1.

Таблица 5.1 – Идентификация экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса (производственного здания или сооружения по функциональному назначению, технологические операции, оборудование), энергетическая установка транспортное средство и т.п.	Воздействие технического объекта на атмосферу (вредные и опасные выбросы в окружающую среду)	Воздействие технического объекта на гидросферу (образующие сточные воды, забор воды из источников водоснабжения)	Воздействие технического объекта на литосферу (почву, растительный покров, недра) (образование отходов, выемка плодородного слоя почвы, отчуждение земель, нарушение и загрязнение растительного покрова и т.д.)
Фрезерный станок с ЧПУ		Пыль (древесная, пластмассовая, металлическая), образующаяся в процессе обработки различных материалов		Образование отходов в виде пыли и стружки (древесная, пластмассовая, металлическая)

Опираясь на полученные данные, назначим мероприятия по снижению негативного воздействия на окружающую среду, таблица 5.2.

Таблица 5.2 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Фрезерный станок с ЧПУ портального типа
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Установка специальных вытяжек с системой фильтрации для очистки воздуха перед выбросом в атмосферу
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на гидросферу	Отсутствует воздействие на гидросферу
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Сбор стружки с последующим отправлением в пункты приема

5.3 Чрезвычайные ситуации

5.3.1 Требования охраны труда в аварийных ситуациях

При выполнении работ фрезеровщиком возможно возникновение следующих аварийных ситуаций: повреждения и дефекты в конструкции зданий, по причине физического износа, истечения срока эксплуатации; технические проблемы с оборудованием, по причине высокого износа оборудования; возникновение очагов пожара, по причине нарушения требований пожарной безопасности.

В случае поломки станка, отказа в работе пульта управления отключить станок и сообщить об этом руководителю, таблица 5.4.



Рисунок 5.4 – Кнопка аварийного отключения станка с ЧПУ

Если во время резьбонарезания произойдет поломка инструмента, необходимо остановить прогон программы, выбрать режим работы «Позиционирование с ручным вводом» и переместить инструмент линейным движением в середину отверстия. Затем можно переместить свободно инструмент по оси подвода и заменить его.

При обнаружении на металлических частях оборудования напряжения (ощущение действия электрического тока) необходимо отключить оборудование от сети и доложить своему руководителю.

В случае загорания ветоши, оборудования или возникновения пожара немедленно отключить станок, сообщить о случившемся администрации и другим работникам и приступить к ликвидации очага загорания.

Запрещается применять воду и пенные огнетушители для тушения электропроводок и оборудования под напряжением, так как пена является хорошим проводником электрического тока. Для этих целей используются углекислотные и порошковые огнетушители.

В случае появления аварийной ситуации, опасности для своего здоровья или здоровья окружающих людей отключить станок, покинуть опасную зону и сообщить об опасности непосредственному руководителю.

При несчастном случае немедленно освободить пострадавшего от действия травмирующего фактора, соблюдая собственную безопасность, оказать пострадавшему первую помощь, при необходимости вызвать бригаду скорой помощи по телефону 103 или 112. По возможности сохранить

обстановку, при которой произошел несчастный случай, если это не угрожает жизни и здоровью окружающих, для проведения расследования причин возникновения несчастного случая, или зафиксировать на фото или видео. Сообщить своему руководителю и специалисту по охране труда.

В случае ухудшения самочувствия, появления рези в глазах, резком ухудшении видимости – невозможности сфокусировать взгляд или навести его на резкость, появлении боли в пальцах и кистях рук, усилении сердцебиения немедленно покинуть рабочее место, сообщить о произошедшем своему руководителю и обратиться в медицинское учреждение.

Оказывая помощь пострадавшему при переломах костей, ушибах, растяжениях, надо обеспечить неподвижность поврежденной части тела с помощью наложения тугой повязки (шины), приложить холод. При открытых переломах необходимо сначала наложить повязку и только затем - шину.

При наличии ран необходимо наложить повязку, при артериальном кровотечении – наложить жгут.

Пострадавшему при травмировании, отравлении и внезапном заболевании должна быть оказана первая помощь и, при необходимости, организована его доставка в учреждение здравоохранения.

В случае обнаружения какой-либо неисправности, нарушающей нормальный режим работы, ее необходимо остановить. Обо всех замеченных недостатках поставить в известность непосредственного руководителя.

5.3.2 Систем оповещения и управления эвакуацией

Чтобы эвакуировать людей из помещения при возникновении пожара или задымления, используется система оповещения и управления эвакуацией. В состав СОУЭ входит целый комплекс технических устройств, соединенных в единую систему. Оборудование сертифицировано, имеет широкий диапазон использования, устанавливается на различных промышленных, торговых, развлекательных и жилых объектах. Основными функциями системы являются:

- принимать сигнал от комплексов, обнаруживающих источники возникновения пожара по характерным признакам задымления или росту

температуры в помещении;

- информирование ответственных сотрудников, персонала о внештатной ситуации путем световой, звуковой индикации;
- управление движением людей с помощью голосовых команд;
- активация автономного аварийного освещения, необходимого при обесточивании основных источников света;
- передача информации в диспетчерский центр для немедленного реагирования на внештатную ситуацию.

5.3.3 Требования для исключения возникновения пожара

Соблюдая следующие требования к электрооборудованию фрезерного станка с ЧПУ, персонал сможет избавиться от вероятности возникновения пожара:

- электротехническое оборудование не должно быть источником возгорания и должно исключать распространение горения за его пределы;
- требования пожарной безопасности к электрооборудованию устанавливаются исходя из его конструктивных особенностей и области применения. Оно должно применяться в соответствии с технической документацией, определяющей безопасную эксплуатацию;
- элементы конструкции, используемые в электрооборудовании, должны быть стойкими к воздействию пламени, накаливаемых элементов, электрической дуги, нагреву в контактных соединениях и токопроводящих мостиков;
- электрооборудование должно быть стойким к возникновению и распространению горения при аварийных режимах работы (коротком замыкании, перегрузках);
- степень защиты оболочки оборудования от распространения горения за пределы должна определяться областью применения;
- аппараты защиты должны отключать участок электрической цепи от источника электрической энергии при возникновении аварийных режимов работы до возникновения загорания.

5.3.4 Инструкция последовательности действий при пожаре

Заметив пожар или возгорание оборудования, необходимо немедленно организовать оповещение об этом всех находящихся в здании людей, независимо от размеров и места пожара или загорания, равно как и при обнаружении хотя бы малейших признаков горения (дыма, запаха гари) и немедленно вызвать пожарную охрану по телефону «01». Очевидно, что быстрота прибытия пожарной помощи, позволит успешнее ликвидировать пожар и быстрее помочь людям, находящимся в опасности.

Каждый работник, обнаруживший пожар или его признаки (задымление, запах горения или тления различных материалов, повышение температуры и т.п.) обязан:

- немедленно сообщить об этом по телефону в пожарную часть (при этом необходимо четко назвать адрес учреждения, место возникновения пожара, а также сообщить свою должность, фамилию и номер своего телефона). Следует помнить, что с помощью сотового телефона можно вызвать помощь даже при отсутствии денег на счете или SIM-карты по номеру «112»;

- задействовать систему оповещения людей о пожаре, приступить самому и привлечь других лиц к эвакуации детей из здания в безопасное место согласно плану эвакуации;

- известить о пожаре руководителя образовательного учреждения или заменяющего его работника;

- организовать встречу пожарных подразделений, принять меры по тушению пожара имеющимися в учреждении средствами пожаротушения.

Во избежание травмирования и гибели людей во время эвакуации следует действовать спокойно, без паники. Для предотвращения распространения огня в другие помещения обязательно следует плотно закрывать за собой двери. Вдыхание раскаленного воздуха может привести к параличу дыхательных путей и трагическому исходу. Во избежание ожогов, проходя через горящие помещения, следует защитить открытые части тела одеждой, двигаться пригнувшись или на четвереньках, так как внизу температура воздуха ниже и

меньше дыма.

5.3.5 Первая помощь при ожогах

При работе на фрезерном станке с ЧПУ может произойти авария системы охлаждения шпинделя, что может привести к ожогам охлаждающей жидкостью. При таких ожогах последствия не столь плачевны, и обычно тяжесть поражения не превышает I или II степени ожога. Однако и в этих случаях нужно знать, как оказать первую медицинскую помощь, а чего делать нельзя.

Что можно делать:

- необходимо сразу же устранить поражающий фактор (кипяток);
- охладить место поражения с помощью холодной проточной воды;
- закрыть сухой чистой повязкой;
- обеспечить покой.

Что нельзя делать:

- нельзя наносить мази, крема, масло, сметану и т.д. Это может способствовать проникновению инфекции;
- отрывать прилипшую одежду (при сильных ожогах);
- прокалывать пузыри;
- накладывать лед, снег.

В разделе «Безопасность и экологичность» приведена характеристика технологического процесса обработки материалов на фрезерном станке с ЧПУ, перечислены технологические операции, требования по безопасности и охраны труда, приведены сведения о профессиональных рисках при работе на станке, приведены возможные аварийные и чрезвычайные ситуации, перечислены средства индивидуальной защиты для персонала и предупреждающие таблички и надписи, идентифицированы экологические факторы и разработаны мероприятия по обеспечению экологической безопасности на техническом объекте.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате работы над проектом были проведены предварительные расчеты для обоснования выбора нового оборудования. Восстановлена принципиальная электрическая схема управления фрезерным станком с ЧПУ до модернизации. Подобраны новые приборы, состав которых отражен в графической части проекта. Разработана новая принципиальная схема управления станком с ЧПУ, на основе платы коммутации PLC4x-G2. Приведены основные экранные формы для настройки CNC Mach3 и приведен пример составления управляющей программы в ArtCAM

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Руководство по эксплуатации. Двигатель шаговый биполярный с одним валом. PURELOGIC research & development. Воронеж. 2023. – 22 с.
2. Руководство по эксплуатации. Высокопроизводительный микрошаговый драйвер M524 V2.0. PURELOGIC research & development. Москва. 2022. – 8 с.
3. Руководство по эксплуатации. Драйверы шаговых двигателей Leadshine серии DM-E. PURELOGIC research & development. Воронеж. 2023. – 27 с.
4. Darxton: офиц. сайт. – Компания Darxton, ЧПУ для всех. Все для ЧПУ. Режим доступа: [Электронный ресурс] <https://darxton.ru/wiki-article/istochnik-pitaniya-dlya-stanka-s-chpu/?ysclid=lvtem192lt610561290>. – 02.05.2024.
5. Руководство по эксплуатации. S-200. Регулируемые импульсные источники питания с одним выходом. Darxton. Москва. 2021. – 6 с.
6. Аверченков В.И., Жолобов А.А., Мрочек Ж.А., Аверченков А.В., Терехов М.В., Левкина Л.Б., Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве. Ч. 1: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во Флинта -2011.
7. Аверченков В.И., Жолобов А.А., Мрочек Ж.А., Аверченков А.В., Терехов М.В., Левкина Л.Б. Станки с ЧПУ в машиностроительном производстве. Ч. 2: учебное пособие для вузов. М.: Изд-во Флинта – 2011.
8. Морозов В. В., Программирование современных фрезерных станков с ЧПУ: Учеб, пособие для вузов / В. В. Морозов, Гусев В. Г.- Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-т, 2010. - 244 с.
9. FREE-STL.RU [Электронный ресурс] : офиц. сайт. – Компания 2D-Free, Mach-3 полное описание на русском языке. Режим доступа: [Электронный ресурс] <https://free-stl.ru>. – 14.05.2024.
10. Большаков В. П., Создание трехмерных моделей и конструкторской документации в системе КОМПАС-3D. Практикум. - СПб.: БХВ-Петербург, 2010. - 496 с.

11. Консорциум КОДЕКС офиц. сайт. – Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов, Трудовой кодекс Российской Федерации (с изменениями на 6 апреля 2024 года). Режим доступа: [Электронный ресурс] <https://docs.cntd.ru/document/901807664?ysclid=1wzsja0tnl222737368>. – 12.05.2024.

12. Сборник типовых инструкций по охране труда при выполнении сварочных и станочных работ. РД 153-34.0-03.231-00, РД 153-34.0-03.288-00 - РД 153-34.0-03.297-00. - М . : ЭНАС, 2008. - 64 с.

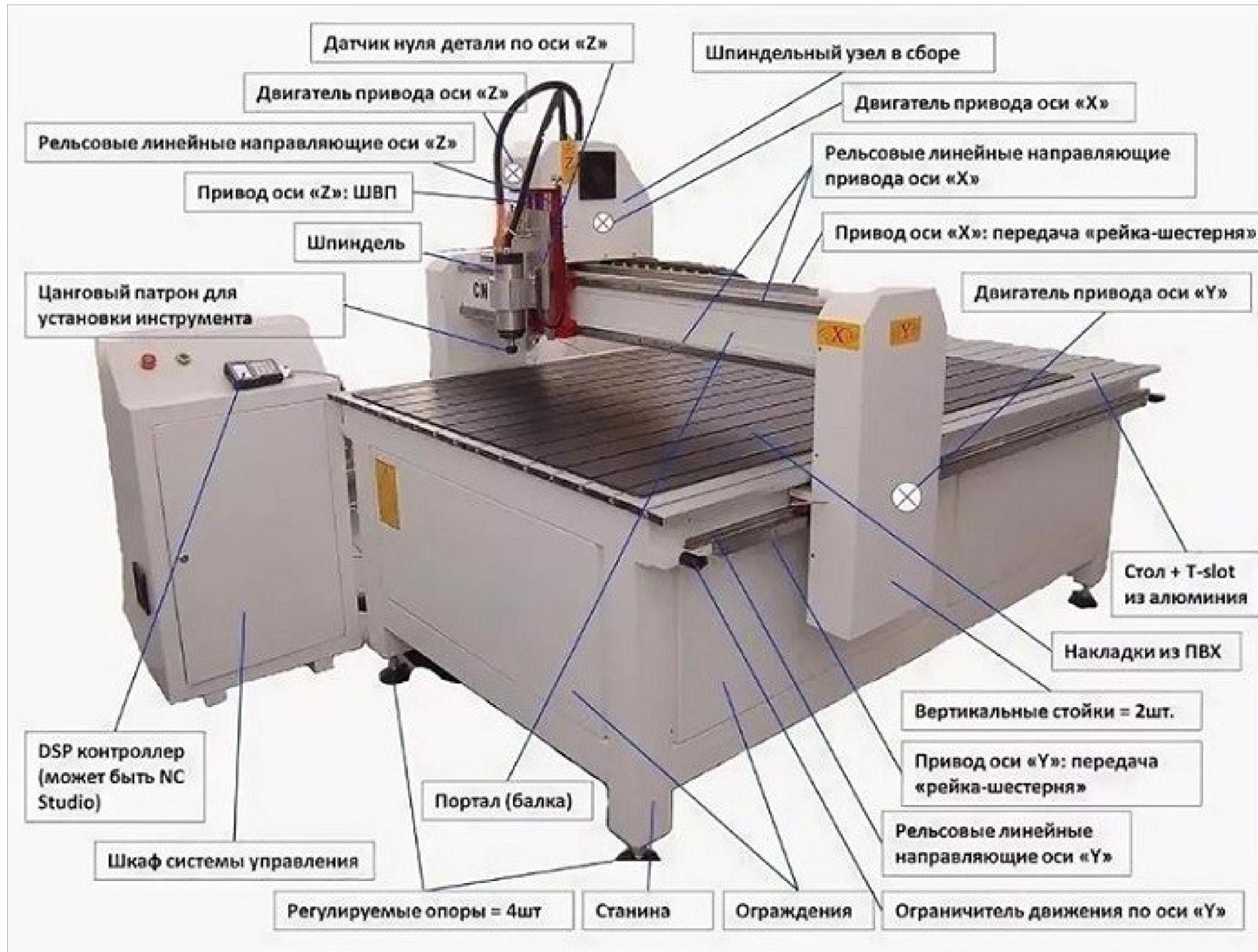
13. MULTICUT: офиц. сайт. – Компания Multicut, Российские станки с ЧПУ от производителя. Режим доступа: [Электронный ресурс] <https://www.multicut.ru/articles/tekhnika-bezopasnosti-pri-rabote-na-frezernom-stanke/?ysclid=1wzqorx6fh940153648>. – 06.05.2024.

14. Приказ Минтруда от 11.12.2020 № 887н, «Правила по охране труда при обработке металлов». – 12 с.

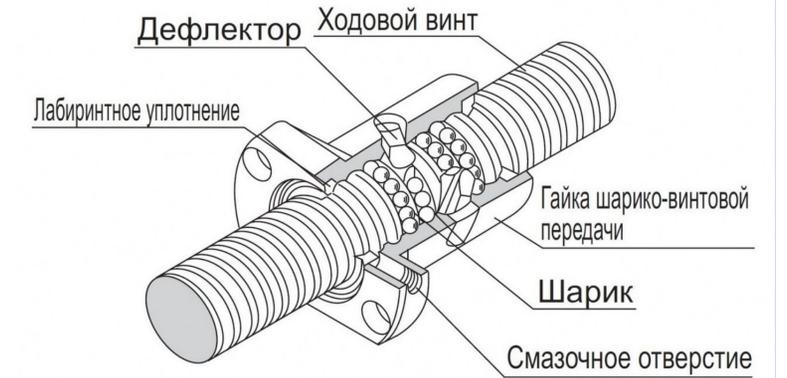
15. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 27.11.2020, №835н, «Правила по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями». – 18 с.

16. Приказ Минтруда от 15.12.2020 № 903н, «Правила по охране труда при эксплуатации электроустановок». – 22 с.

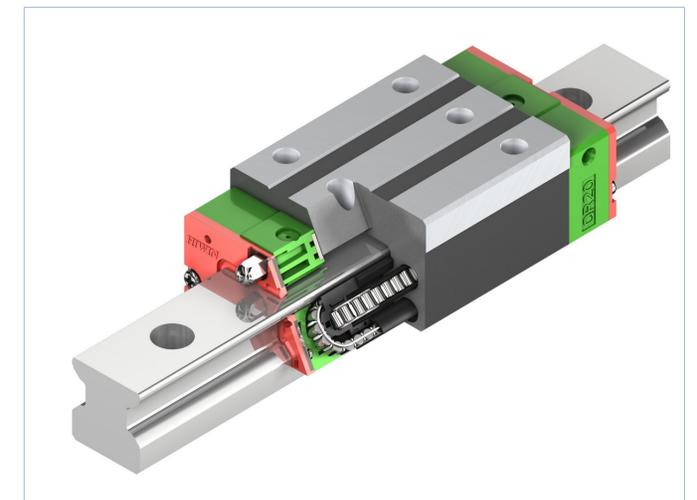
Конструкция фрезерного станка с ЧПУ LE120150



Конструкция шарико-винтовой передачи



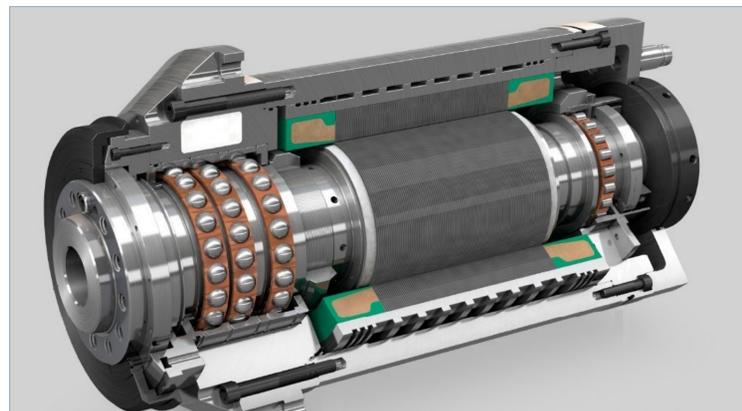
Линейные направляющие и подшипники



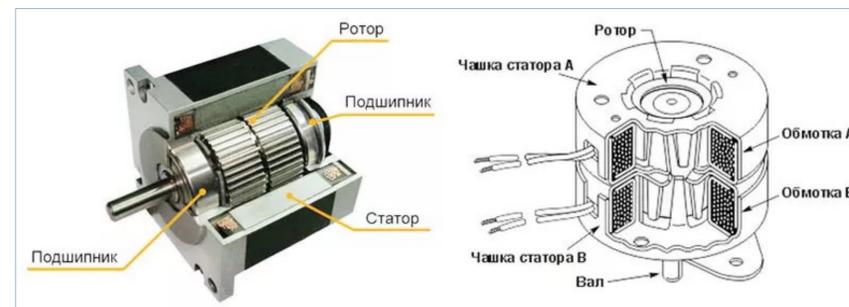
Безлюфтовая упругая муфта



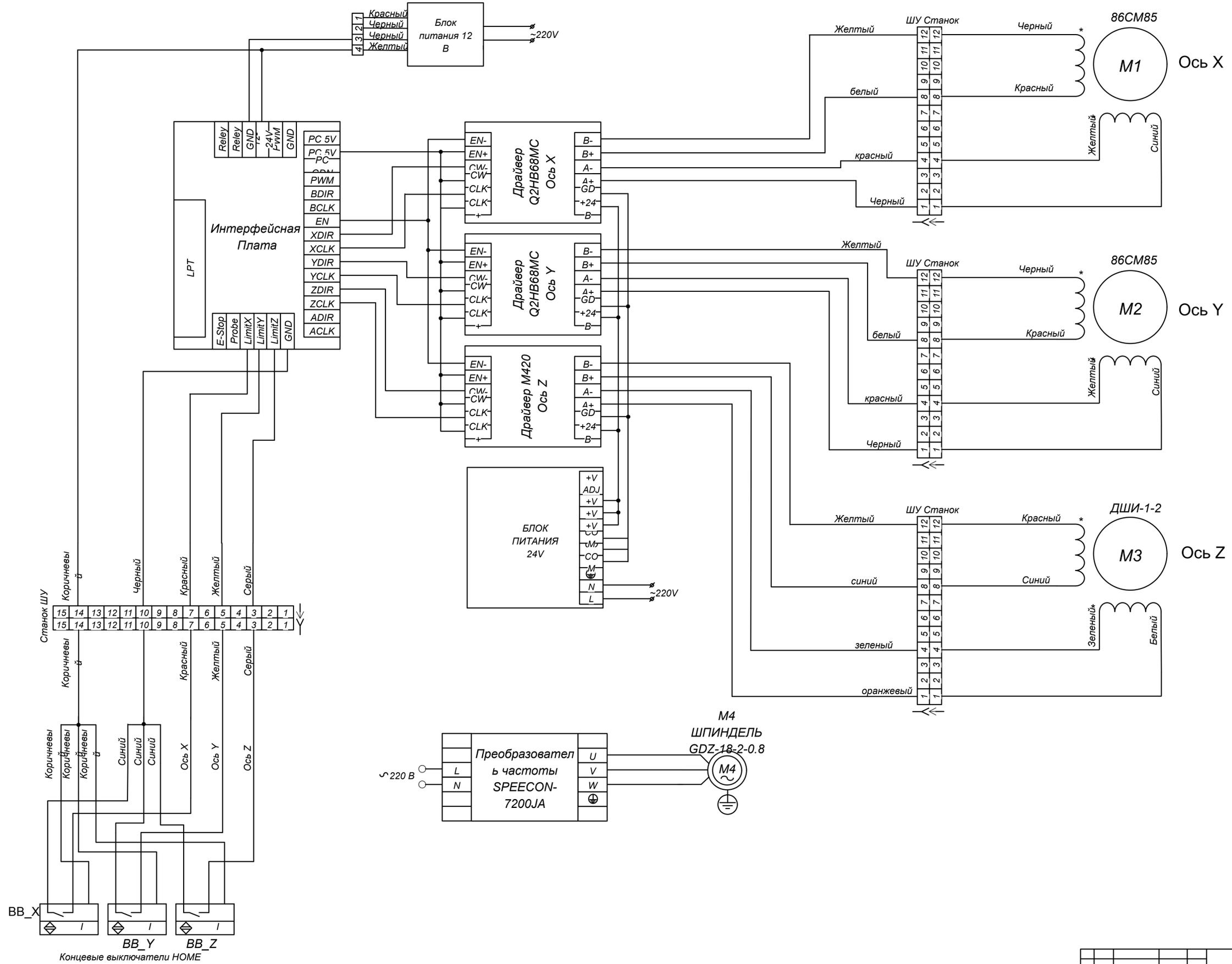
Шпиндель с водяным охлаждением



Гибридный двухобмоточный шаговый двигатель



				ВКР.184002.15.03.04.ВО				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	КОНСТРУКЦИЯ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА С ЧПУ LE120150 МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА	Лит	Масса	Масштаб
Разраб.	Скрипка О.В.	Скрипка О.В.	Скрипка О.В.	2018		у		
Провер.	Скрипка О.В.	Скрипка О.В.	Скрипка О.В.			Лист 1	Листов 6	
Утвержд.	Скрипка О.В.	Скрипка О.В.	Скрипка О.В.			АМГУ эр. 041-06		
						С ЧПУ LE120150		



ВКР.184002.15.03.04.CX					Лит	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	у		
Разраб.	Ганчаров Н.Д.	И.Е.	01.06.2015				
Провер.	Скрипка О.В.	И.Е.	01.06.2015				
Т.контр.	Скрипка О.В.	И.Е.	01.06.2015				
И.контр.	Скрипка О.В.	И.Е.	01.06.2015	Лист 2	Листов 6	АМГУ эр. 041-06	
И.тв.	Скрипка О.В.	И.Е.	01.06.2015	АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА			

Импульсный блок питания ST-75-12 для коммутационной платы и индуктивных датчиков



Плата коммутации PLC4x-G2



Шаговый двигатель ST57-H76



Шаговый двигатель 86CM85



Импульсный блок питания S-350-36 для драйвера оси Z



Индуктивный датчик SN04-N



Драйвер ШД Motor Drive Model DM860



Драйвер ШД Motor Drive Model M542

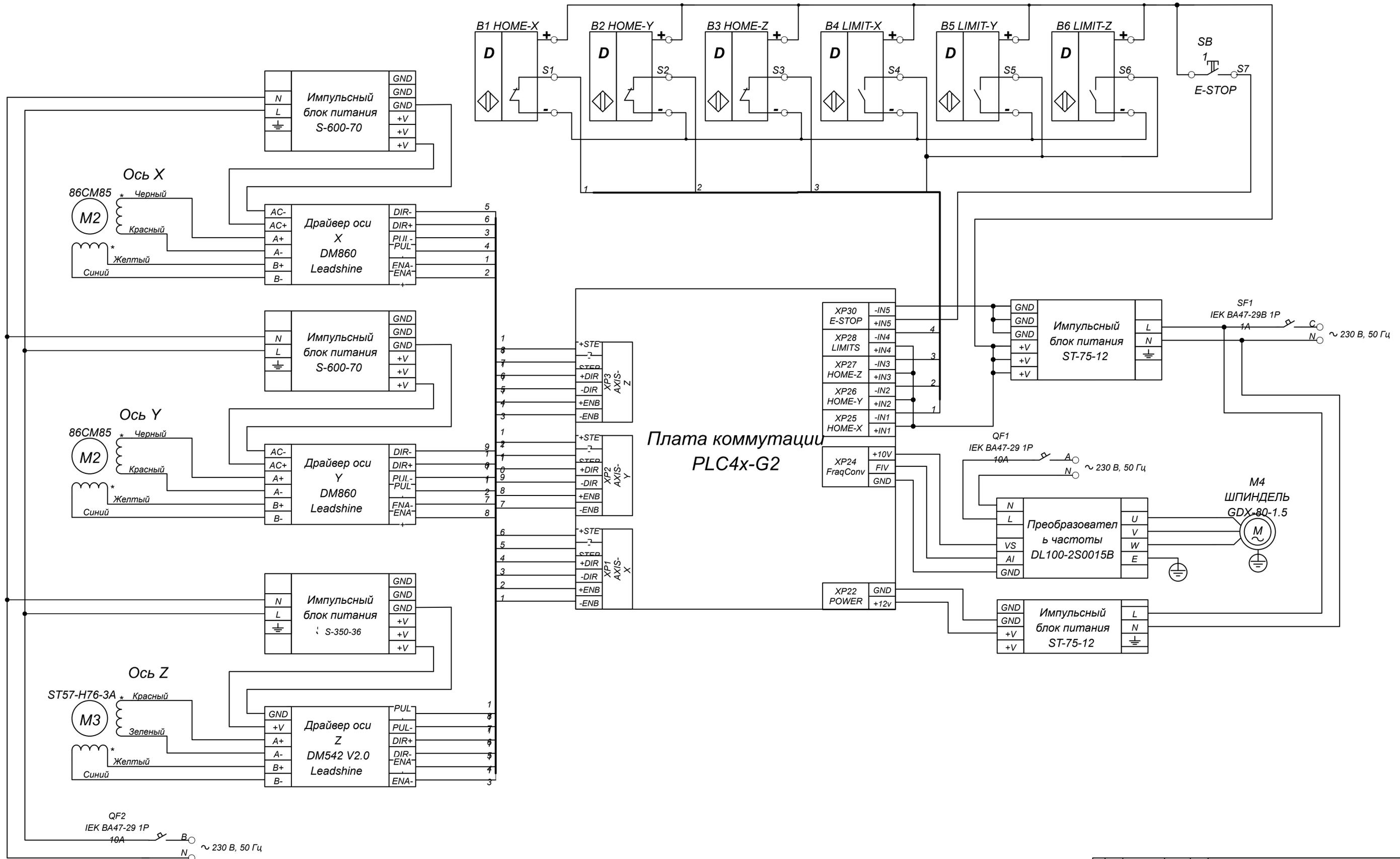


Импульсный блок питания S-600-70 для драйверов осей X и Y



Шпиндель GDZ-80-1.5





ВКР.184002.15.03.04.CX					Лит	Масса	Масштаб
Изм	Лист	№ докум	Подп	Дата	у		
Разраб	Гончаров Н.Д.	HE	01.03.2015				
Провер	Скрипко О.В.	HE	01.03.2015				
Технир	Скрипко О.В.	HE	01.03.2015				
Исполн	Скрипко О.В.	HE	01.03.2015	Лист 4	Листов 6		
Утвержд	Скрипко О.В.	HE	01.03.2015	АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА			АМГУ зр. 041-06

Окно диагностики системы на быстродействие

Окно ручного управления

Привязка клавиш для ручного управления

Настройка скорости и ускорения ШД оси X

Настройка LPT - порта

Настройка скорости и ускорения ШД оси Y

Активация работы дискретных входов и установка соответствующих пинов

Signal	Enabled	Port #	Pin Number	Active Low	Emulated	HotKey
X ++	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
X --	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
X Home	<input checked="" type="checkbox"/>	1	12	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Y ++	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Y --	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Y Home	<input checked="" type="checkbox"/>	1	13	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Z ++	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Z --	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
Z Home	<input checked="" type="checkbox"/>	1	15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
A ++	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0
A --	<input checked="" type="checkbox"/>	1	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0

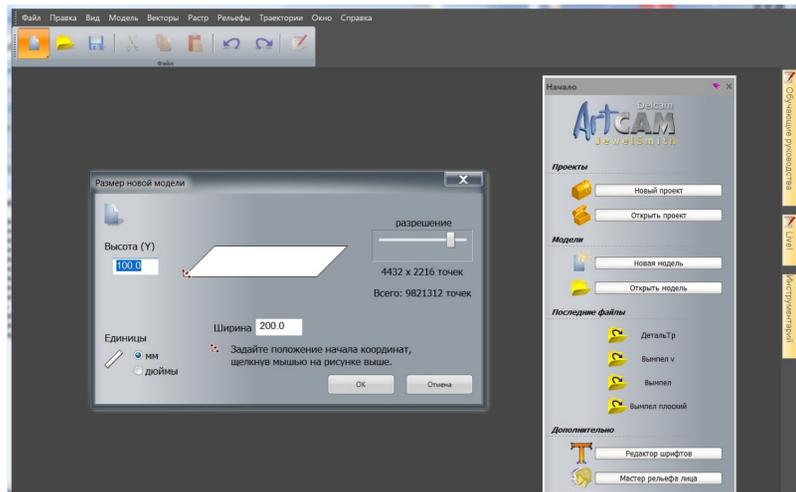
Настройка скорости и ускорения ШД оси Z

Окно основных настроек

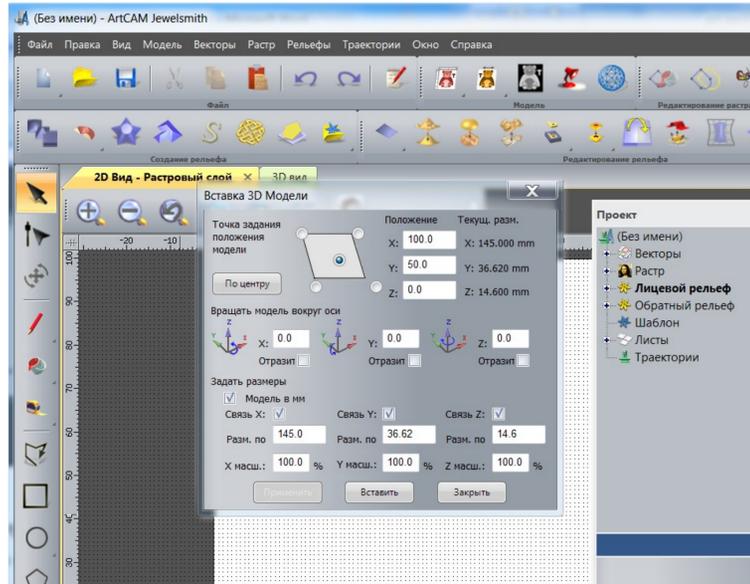
Активация работы осей и установка соответствующих пинов

Signal	Enabled	Step Pin#	Dir Pin#	Dir LowActive	Step Low Ac...	Step Port	Dir Port
X Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	2	3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
Y Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	4	5	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
Z Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	6	7	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
A Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	8	9	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	1
B Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
C Axis	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0
Spindle	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	0

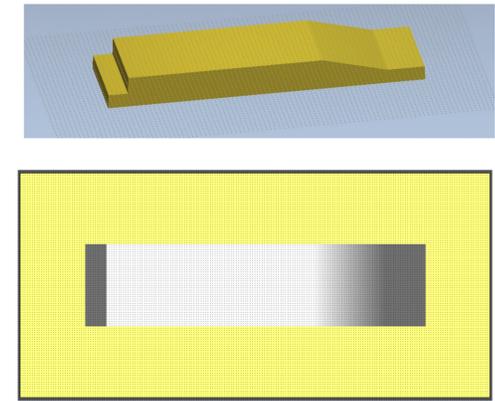
Окно создания новой модели



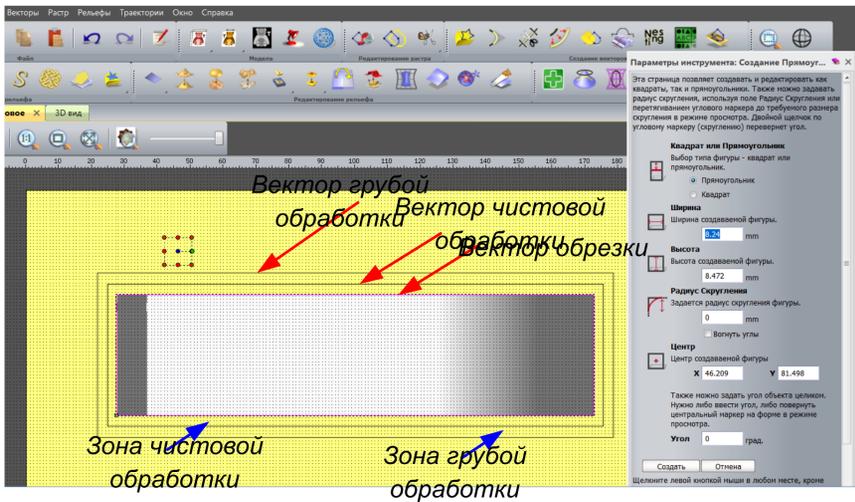
Окно «Вставка 3D Модели»



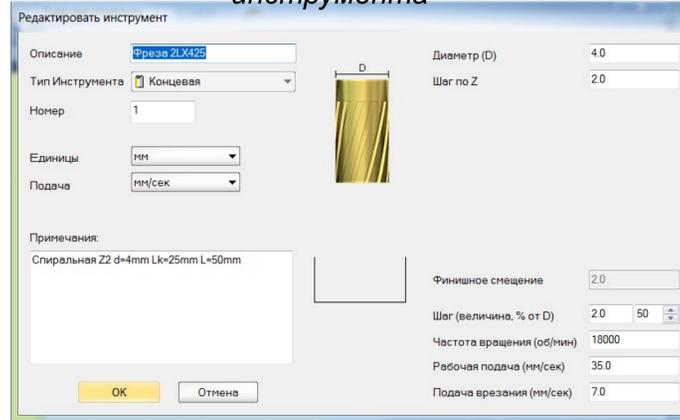
Создание полутонного изображения в окне 2D-вида



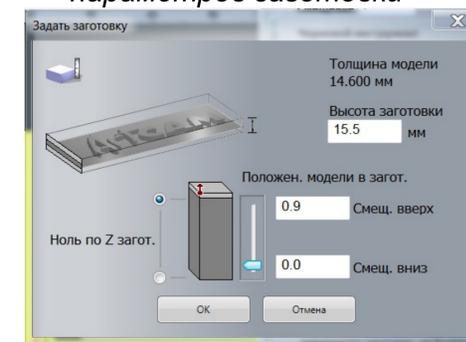
Создание зон обработки



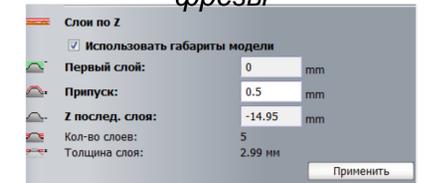
Окно редактирования параметров инструмента



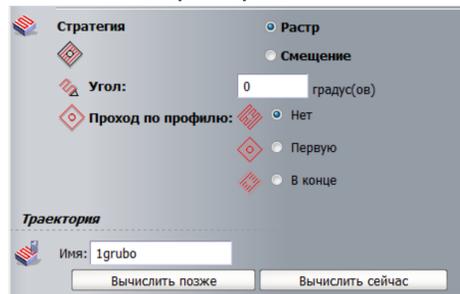
Окно определения параметров заготовки



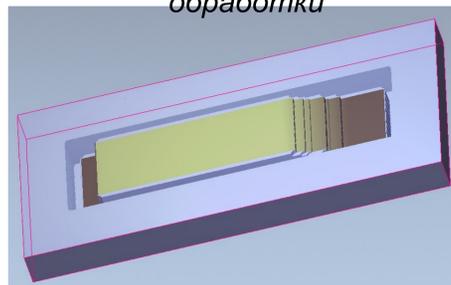
Расчет числа проходов фрезы



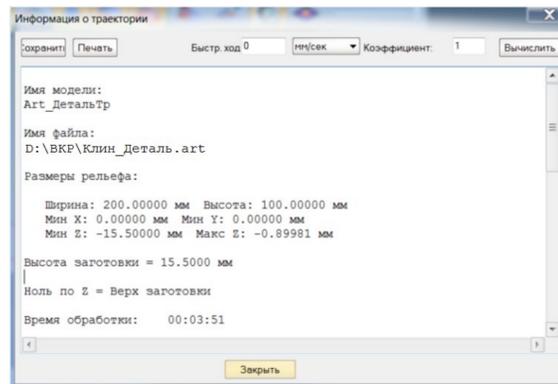
Выбор стратегии



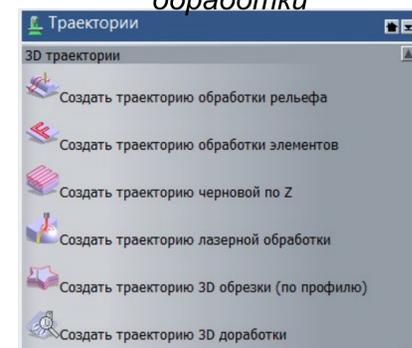
Результаты имитации черновой обработки



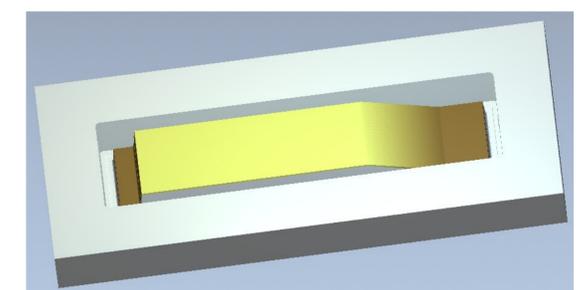
Сводка о траектории



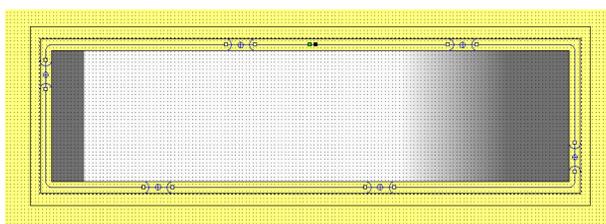
Окно выбора траекторий обработки



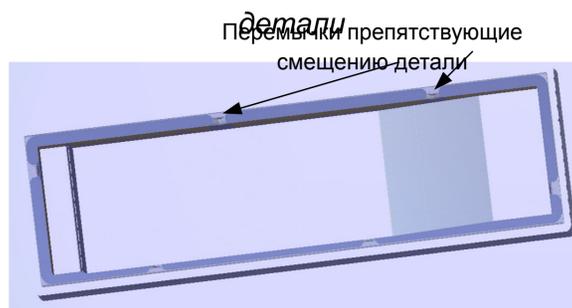
Результат чистой обработки



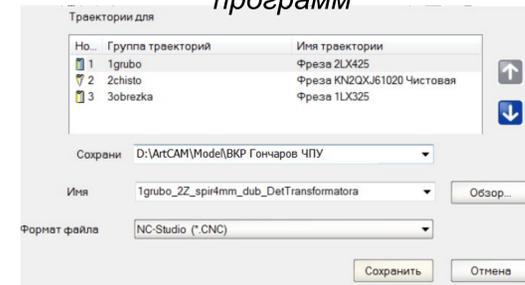
Добавление перемычек к профилю



Расположение перемычек вокруг контура детали



Сохранение управляющих программ



				ВКР.184002.15.03.04.В0			
Изм/Лист	№ докум	Подп	Дата	РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ В ARTCAM МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА	Лист	Масса	Масштаб
Разраб	Гончаров Н.Д.	И.И.	02.06.15		у		
Провер	Скрипка О.В.	И.И.	02.06.15		Лист 6	Листов 6	
Т.контр	Скрипка О.В.	И.И.	02.06.15		АМГУ эр. 041-06		
И.контр	Скрипка О.В.	И.И.	02.06.15	С ЧПУ LE120150			