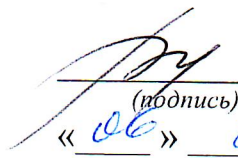


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКБ «Промышленная робототехника»

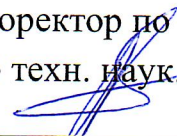
СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС


  
(подпись) Е.М. Димитриади  
« 06 » 06 20 24 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,  
д-р техн. наук, профессор

  
(подпись) А.В. Космынин  
« 06 » 06 20 24 г.


Декан ФЭУ

  
(подпись) А.С. Гудим  
« 06 » 06 20 24 г.

«Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат»

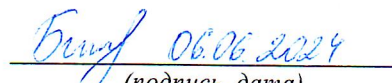
Комплект конструкторской документации

Руководитель СКБ

  
(подпись, дата)

С.И. Сухоруков

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

А.А. Биткина

Комсомольск-на-Амуре 2024



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ  
на разработку

Название проекта: Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат

Назначение: Коррекция фрезеровки с учётом кривизны заготовки

Область использования: Промышленность, обучение студентов работе с ЧПУ станками

Функциональное описание проекта: Система позволяет измерить кривизну заготовки, создать карту поверхности и с её учётом автоматизировано изменить исходный код управления фрезеровкой

Техническое описание устройства: Станок, содержащий плату МАСНЗ, шаговые двигатели осей, драйвера шаговых двигателей; персональный компьютер, содержащий программное обеспечение для работы и коррекции кода фрезеровки

Требования: Возможность задавать точность коррекция посредством изменения количества точек измерения на поверхности, подключение датчика касания, установка скорости фрезеровки

План работ:

Наименование работ	Срок
Постановление задачи	29.09.23
Поиск программного обеспечения	25.11.23
Настройка программного обеспечения	12.01.24
Разработка алгоритмов и управляющих программ	05.03.24
Тестирование и отладка	17.04.24
Оформление отчёта	01.06.24

Комментарии:

---

---

---

---

---

Перечень графического материала:

1. Программный код;
2. Результаты работы;
3. Внешний вид изделия.

---

---

---

---

Руководитель проекта

Биткина 06.06.2024  
(подпись, дата)

А.А. Биткина



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**ПАСПОРТ**

«Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат»

Руководитель проекта

Биткина 06.06.2024  
(подпись, дата)

А.А. Биткина

Исполнители проекта

Хохлов 06.06.24  
(подпись, дата)  
Бобровский 06.06.24  
(подпись, дата)

Р.Е. Хохлов

Н.П. Бобровский

Комсомольск-на-Амуре 2024

## Содержание

1	Общие положения .....	7
1.1	Наименование изделия .....	7
1.2	Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия.....	7
1.3	Перечень организаций, участвующих в разработке изделия .....	7
1.4	Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах .....	8
2	Назначение и принцип действия .....	9
2.1	Назначение изделия .....	9
2.2	Области использования изделия .....	9
2.3	Принцип действия изделия .....	9
3	Состав изделия и комплектность.....	10
4	Технические характеристики.....	11
4.1	Основные технические характеристики блока плата МАСНЗ.....	11
5	Устройство и описание работы изделия .....	12
5.1	Устройство изделия .....	12
6	Условия эксплуатации .....	14
6.1	Правила и особенности размещения изделия .....	14
6.2	Меры безопасности.....	14
6.3	Правила хранения и транспортирования.....	15
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....		16
ПРИЛОЖЕНИЕ Б.....		28

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		6

## **1 Общие положения**

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными техническими характеристиками, устройством, правилами установки и эксплуатации устройства «Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат» (далее «изделие»).

Паспорт входит в комплект поставки изделия. Прежде, чем пользоваться изделием, внимательно изучите правила обращения и порядок работы с ним. В связи с постоянной работой по усовершенствованию изделия, повышающей его надежность и улучшающей условия эксплуатации, в конструкцию могут быть внесены изменения, не отраженные в данном издании.

### **1.1 Наименование изделия**

Полное наименование изделия – «Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат» (СУС с ЧПУ ФПП).

### **1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия**

Проектирование «Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат» осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку.

### **1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия**

Заказчиком проекта «Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат» является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителями проекта «Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат» являются Конструкторы студенческого

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		7



конструкторского бюро «Промышленная робототехника» (далее СКБ), студенты группы 1ЭЛБ-1, Хохлов Роман Евгеньевич, Бобровский Никита Петрович.

#### **1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах**

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

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

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

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
						8
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		



## **2 Назначение и принцип действия**

### **2.1 Назначение изделия**

СУС с ЧПУ ФРП – предназначено для измерения заготовки, изменение исходного кода для выполнения фрезеровки равномерной глубины для печатных плат.

В состав изделия входят: плата MACH3, программное обеспечение MACH3 CNC для управления ЧПУ, программное обеспечение для коррекции кривизны заготовки G-Code Ripper.

### **2.2 Области использования изделия**

Изделие может применяться в фрезерных станках с числовым программным управлением на базе платы MACH3.

### **2.3 Принцип действия изделия**

На рабочий инструмент (фрезу) и печатную плату устанавливается датчик касания, с помощью программного обеспечения производится программа измерения поверхности заготовки и коррекция исходного кода с учётом неровностей поверхности, далее полученный код загружается в управляющую программу и производится фрезерование заготовки.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

### 3 Состав изделия и комплектность

В комплект поставки входит:

- Алгоритм настройки.
- Программа для настройки датчика касания.
- Паспорт.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		10

## 4 Технические характеристики

### 4.1 Основные технические характеристики блока плата МАСНЗ

Основные технические характеристики платы МАСНЗ приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики блока плата МАСНЗ

Наименование параметра	Значение
Модель	BL-MACH-V1.1 D305
Количество осей	5
Класс защиты	IP20
Максимальный ток цифровой части, А	0,5
Используемое реле	SRD-05VDC-SL-C
Интерфейсы	LPT DB25
Питание силовой части, В	24
Питание цифровой части, В	5
Габариты, мм	70*90*20
Масса нетто, кг	0,130



## 5 Устройство и описание работы изделия

### 5.1 Устройство изделия

Структурная схема изделия представлена на рисунке 1.

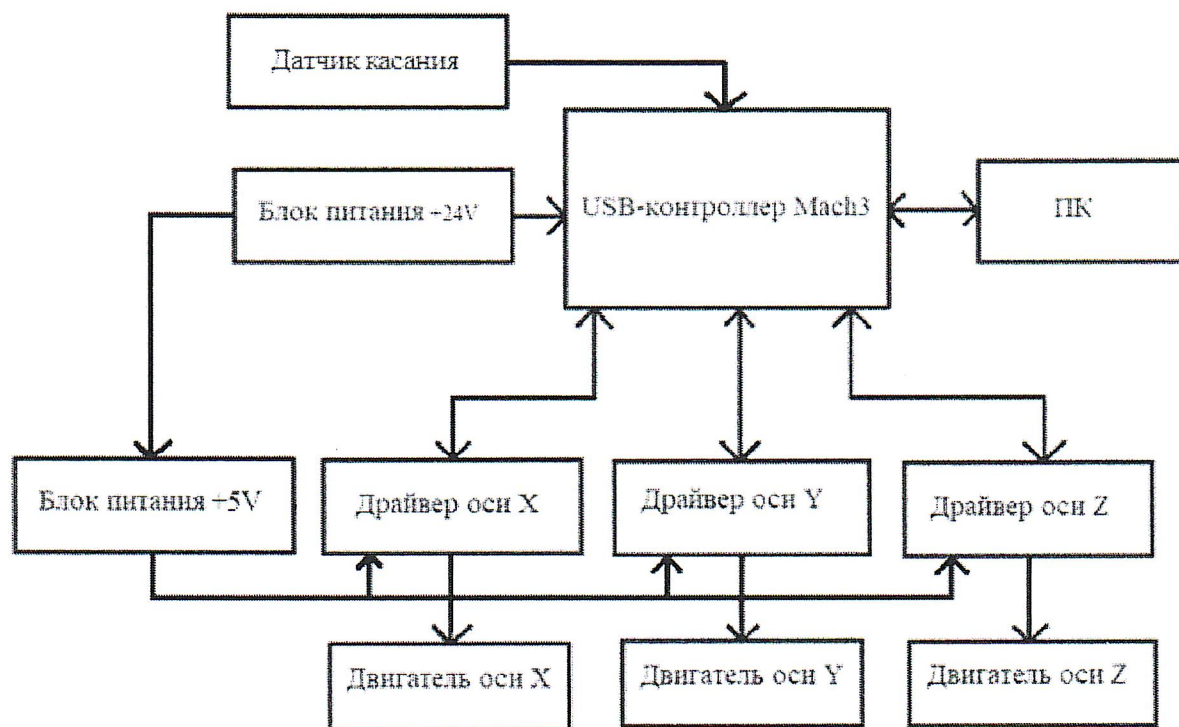


Рисунок 1 – Структурная схема изделия

Устройство состоит из платы MACH3, она связана с управляющей программой на компьютере через USB порт, программа подаёт дискретные сигналы на плату, от платы сигналы идут к драйверам соответствующих осей, от драйвера сигналы поступают на шаговые двигатели, и они вращаются на заданный угол, поворачивая свой вал, тем самым через шарико-винтовую передачу перемещая станок по соответствующей оси в определённом направлении в зависимости от направления вращения. Также программа может подавать сигнал включения или выключения шпинделя.



## 5.2 Описание работы изделия

Для коррекции кривизны заготовки запускаем программное обеспечение, загружаем файл кода для гравировки дорожек платы, выбираем пункт автоматического замера точек, далее настраиваем параметры замеров. После настроек сохраняем файл с записанным кодом для измерения заготовки. Выставляем нулевую точку, запускаем полученный код, после прохождения станком всех точек измерения возвращаемся в G-Code Ripреги и получаем файл с результатами измерений. Сохраняем файл с коррекцией кода по оси Z, согласно измеренным данным. Загружаем файл в Mach3 и запускаем программу.

Пример настройки приведён в Приложении А.

Код для настройки датчика касания приведён в Приложении Б.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		13

## 6 Условия эксплуатации

Изделие выпускается в климатическом исполнении УХЛ 4.2 по ГОСТ 15150-69 и предназначен для использования в стационарных условиях в закрытых помещениях при соответствующих климатических условиях:

- интервал температур от +10 до +35 °С;
- относительная влажность воздуха до 80 % при температуре +25 °С;
- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- атмосферное давление от 86,6 до 106 кПа (от 650 до 800 мм рт. ст.).

В помещении, где используется изделие не должно возникать условий для конденсации влаги (выпадения росы). Изделие является электронным прибором, требующим бережного обращения.

Для обеспечения безотказной работы, сохранения точности и его сбережения необходимо соблюдать следующие правила:

- изучить паспорт, прежде чем приступить к работе с изделием;
- предохранять изделие от ударов и повреждений;
- не допускать самостоятельную разборку изделия.

### 6.1 Правила и особенности размещения изделия

Изделие должно быть расположено на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов.

**ВНИМАНИЕ!** При эксплуатации изделия запрещается проводить самостоятельно какие-то либо работы по извлечению и установке внутренних компонентов изделия.

### 6.2 Меры безопасности

Необходимо соблюдать требования техники безопасности и следующие меры предосторожности:

- не оставлять изделие включенным без наблюдения;
- после транспортировки в холодное время года изделие необходимо выдержать при комнатной температуре не менее двух часов;

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14



- внутренние осмотры и ремонт изделия должны производиться только квалифицированными специалистами;
- не устанавливайте изделие на неустойчивой подставке, стойке или ненадежном кронштейне.

### **6.3 Правила хранения и транспортирования**

Транспортирование изделия в упакованном виде может производиться железнодорожным, автомобильным (в закрытых транспортных средствах), воздушным, речным и морским видами транспорта в соответствии с правилами перевозок грузов, действующих на транспорт данного вида. Условия транспортирования изделия по части воздействия климатических факторов должны соответствовать группе 5 по ГОСТ 15150.

После транспортирования изделие должно быть выдержано не менее 2 часов в транспортной таре при температуре  $20 \pm 5$  °С и относительной влажности воздуха не более 80 %.

Распакованное изделие должно храниться в отапливаемом и вентилируемом чистом помещении при температуре от +5 до +40 °С и относительной влажности воздуха не более 60 %. При температуре ниже 25 °С допускается увеличение относительной влажности до 80 %. Воздух в помещении не должен содержать примесей, вызывающих коррозию металлов, налеты на поверхностях оптических деталей.

					<b>СКБФЭУ.1.ИП.01000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Mach3 программа для управление станком ЧПУ – программа, разработанная для автономного контроля станочным оборудованием с числовым программным управлением. Программа является одинаково эффективной для всех типов станков, независимо от того, для каких целей используется прибор: фрезеровки, гравировки или токарной обработки. Главный экран программы приведён на рисунке А1.

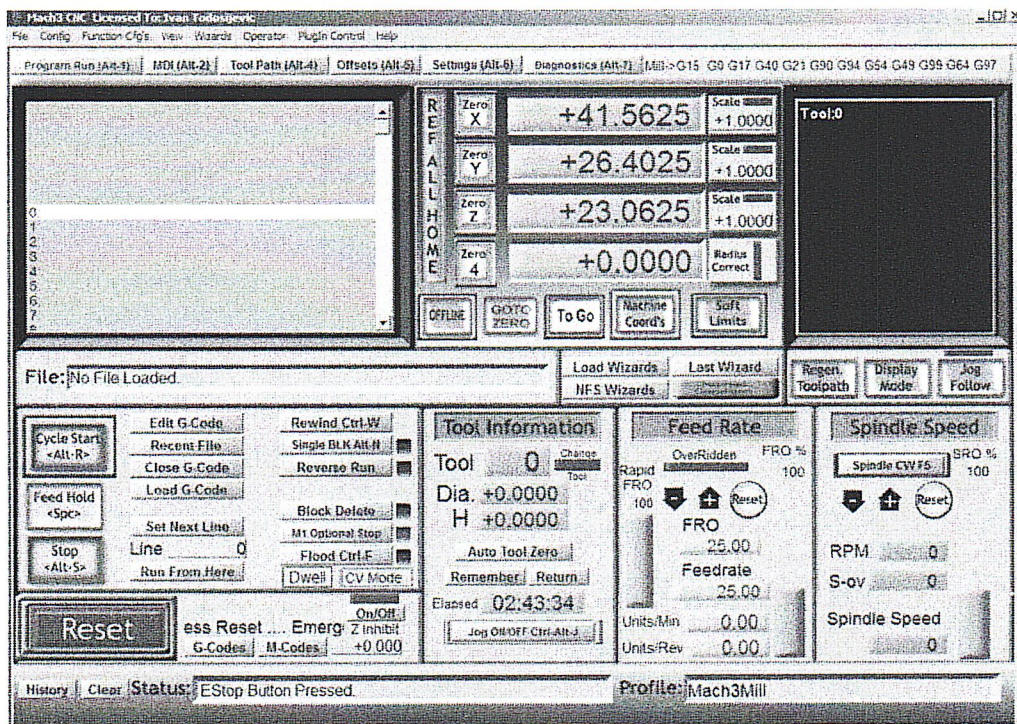


Рисунок А1 - Главный экран программы Mach3

Управление станком происходит с помощью G-кодов.

Для работы необходимо вручную выставить нулевую точку (далее ноль), начиная с которой начнет осуществляться G-код, загрузить программу и запустить ее выполнение. Ноль должен располагаться так, чтобы в ходе работы инструмент не выходил за пределы заготовки и ограничения хода по осям. Возможно автоматическая коррекция нуля по оси Z с применением датчика касания.

Приведем настройку параметров Mach3 для начала работы станка. Подключение портов и контактов представлено на А2, А3.



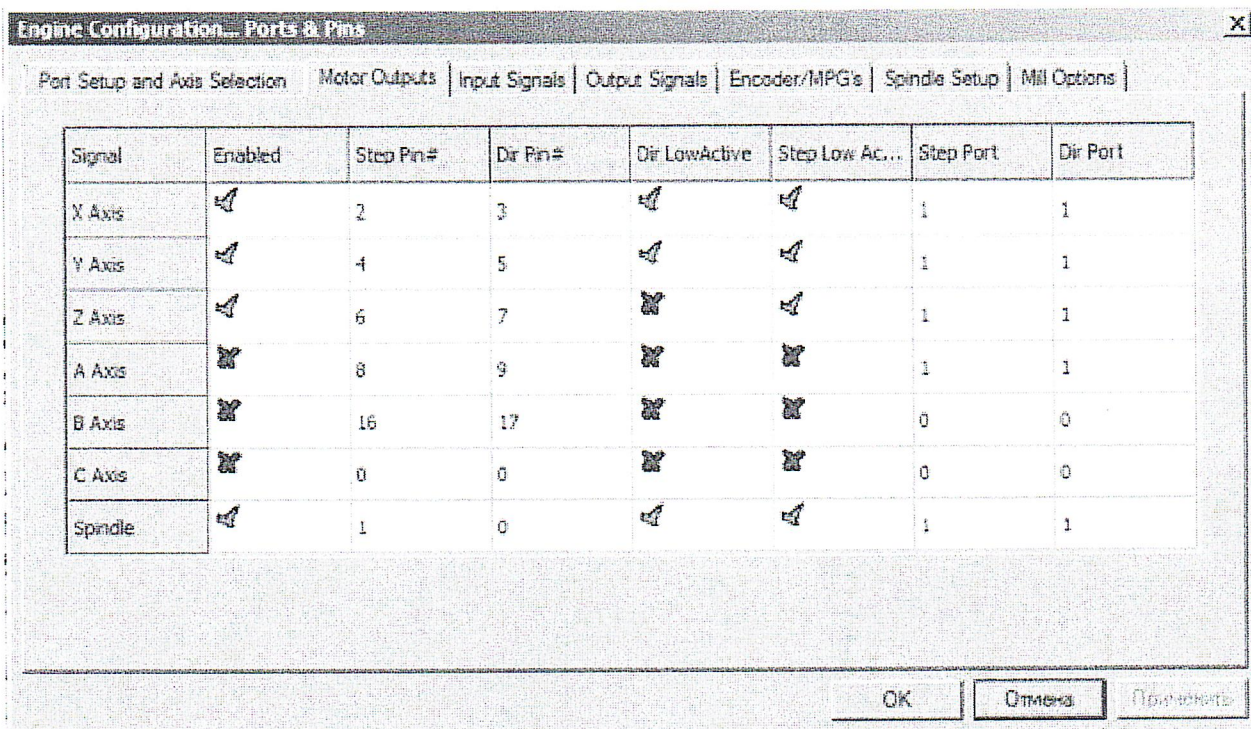


Рисунок А2 – Подключения шаговых двигателей

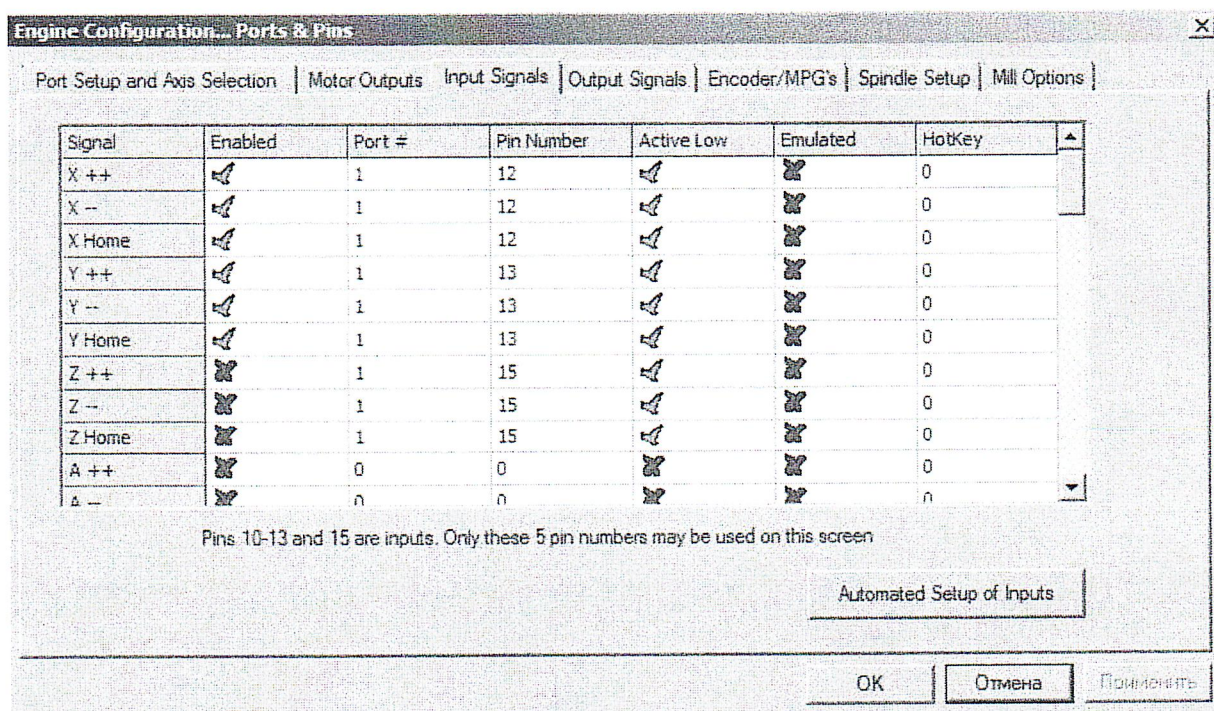


Рисунок А3 - Настройка входных сигналов осей

Подключение электронной кнопки аварийной остановки (RESET) и датчика касания (PROBE) представлено на рисунке А4.



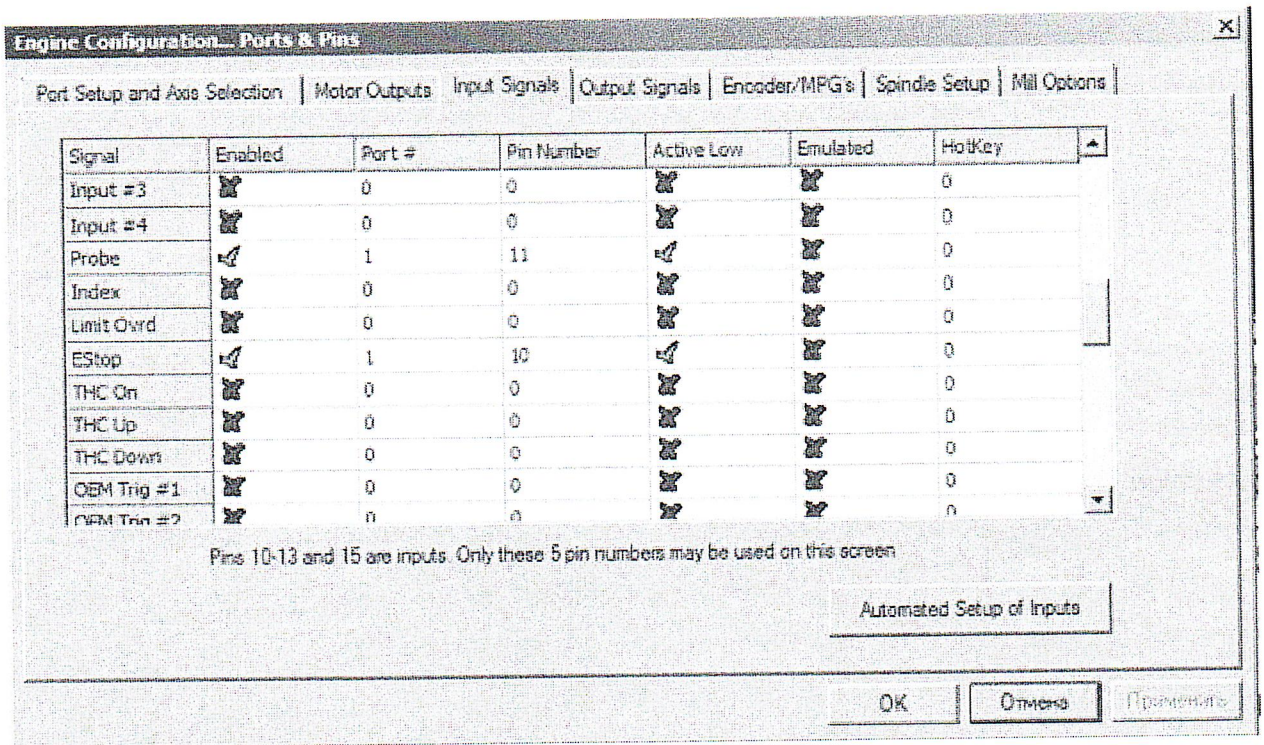


Рисунок А4 - Настройка датчика и кнопки аварийного отключения

Настройки двигателей представлена на рисунках А5, А6, А7.

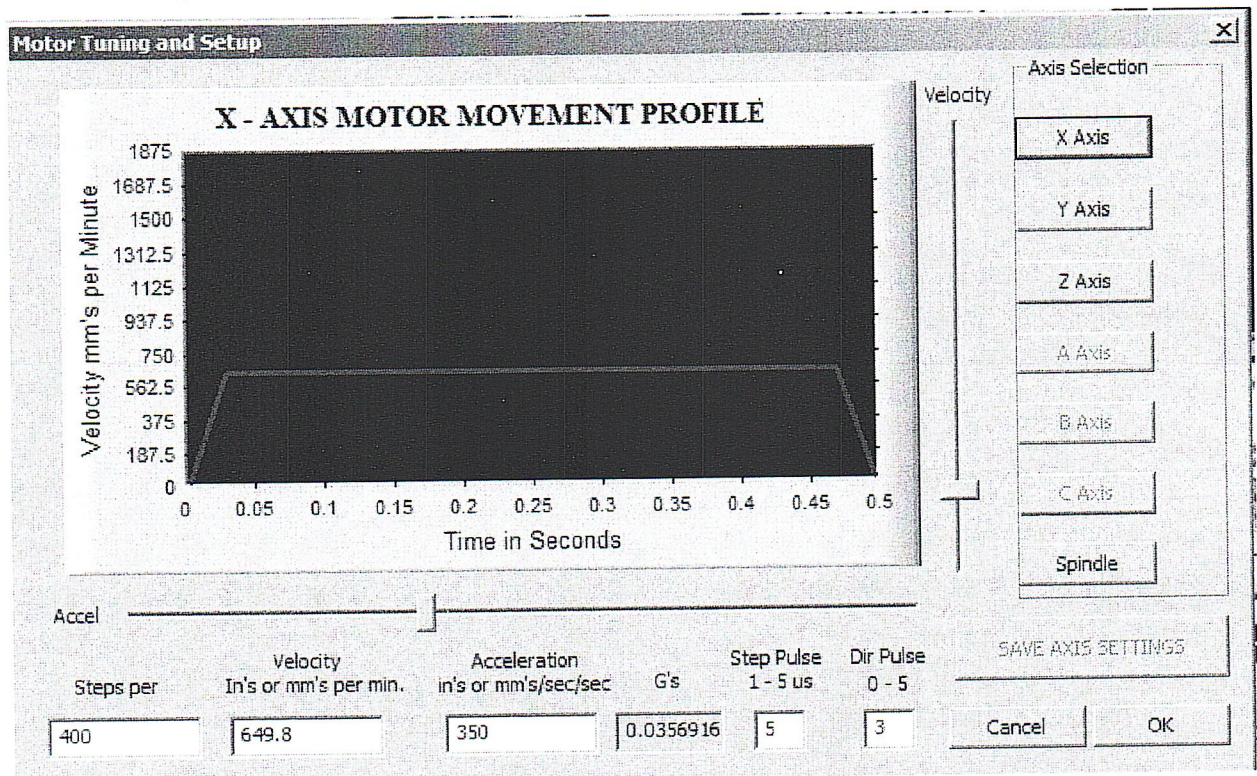


Рисунок А5 - Настройка двигателя оси X



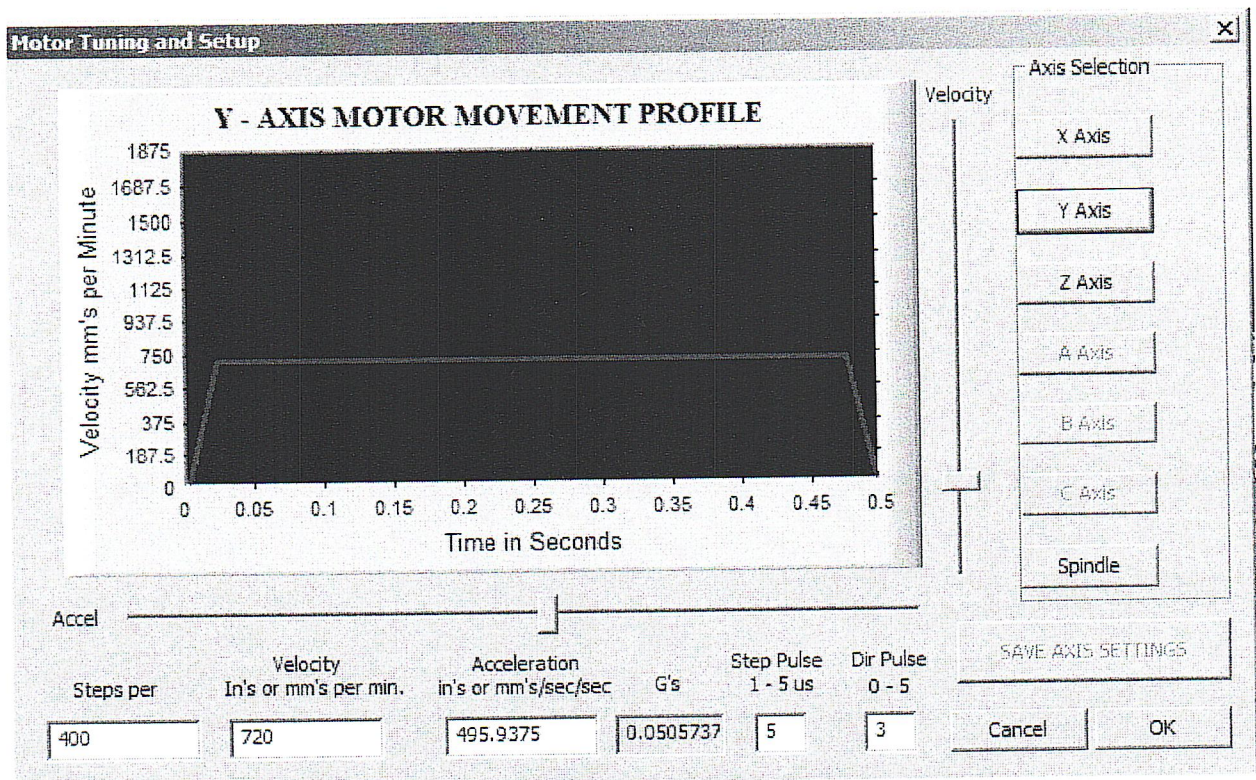


Рисунок А6 - Настройка двигателя оси Y

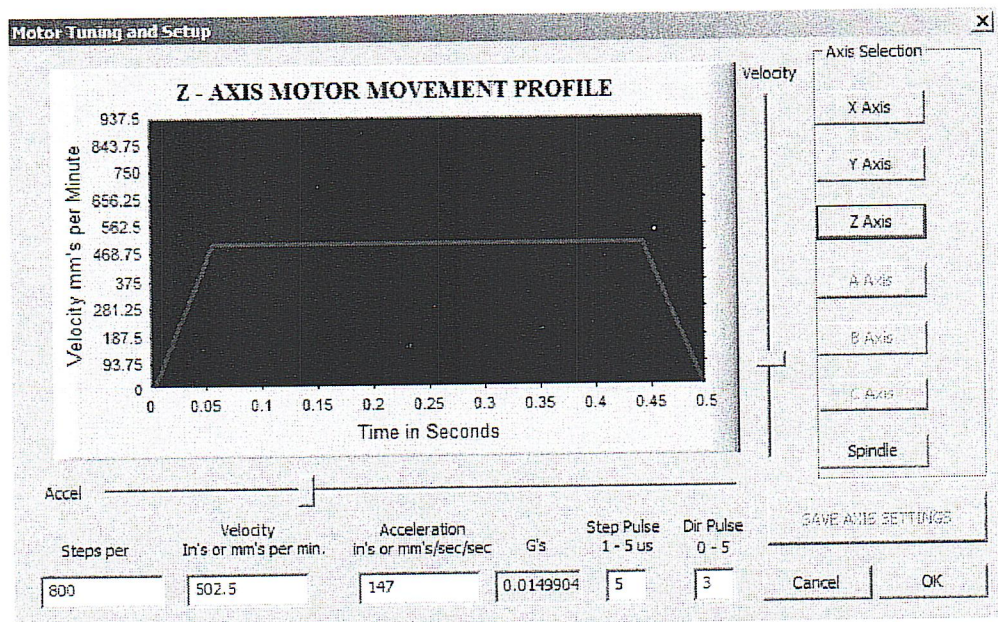


Рисунок А7 - Настройка двигателя оси Z

Для точного определения нуля по оси Z используется функция «Auto tool zero». Для этого необходимо настроить соответствующую кнопку записав в нее скрипт. Порядок действий указан на рисунке А8.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.
------	-------	-------------	-------	-------

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

19



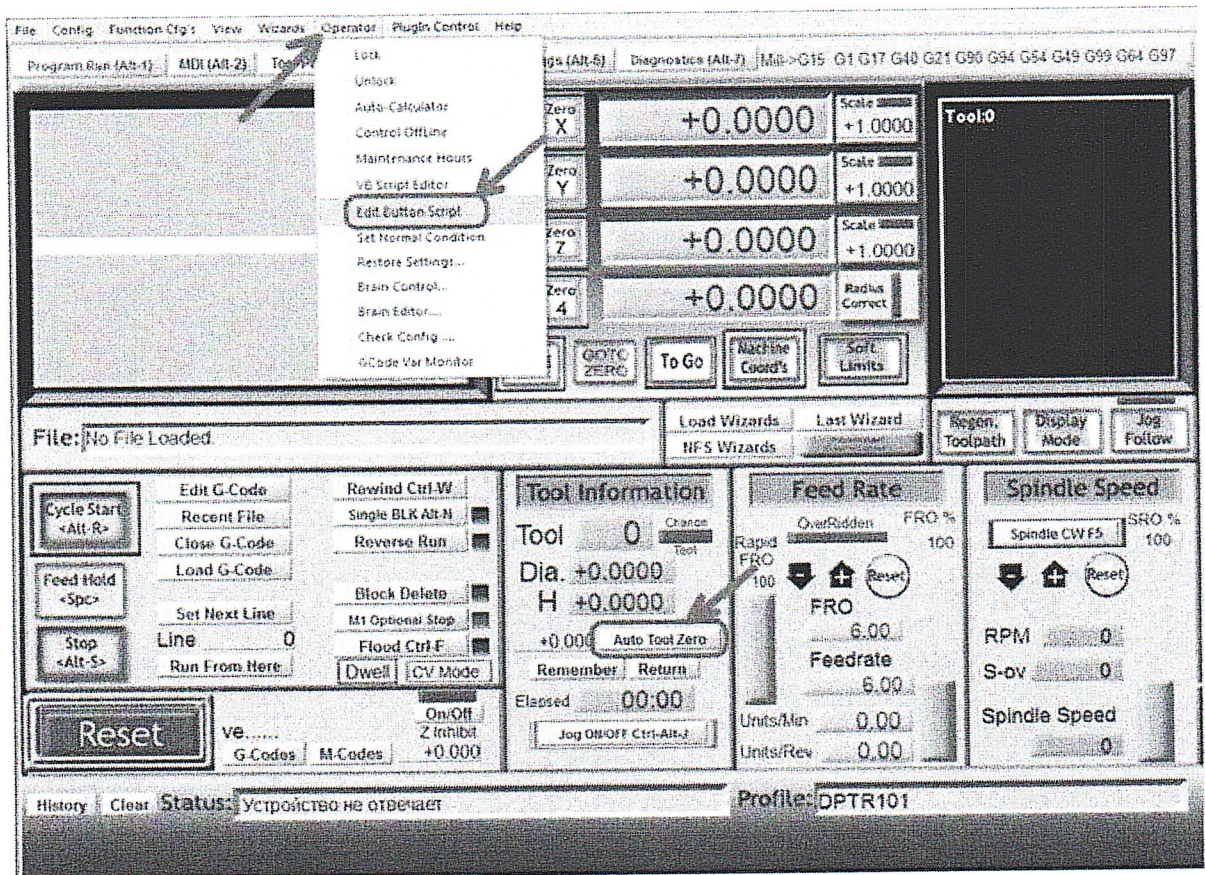


Рисунок А8 - Настройка кнопки Auto tool zero

После указанных действий откроется окно, в котором необходимо записать код для работы датчика.

Пример подключения датчика приведён на рисунке А9.

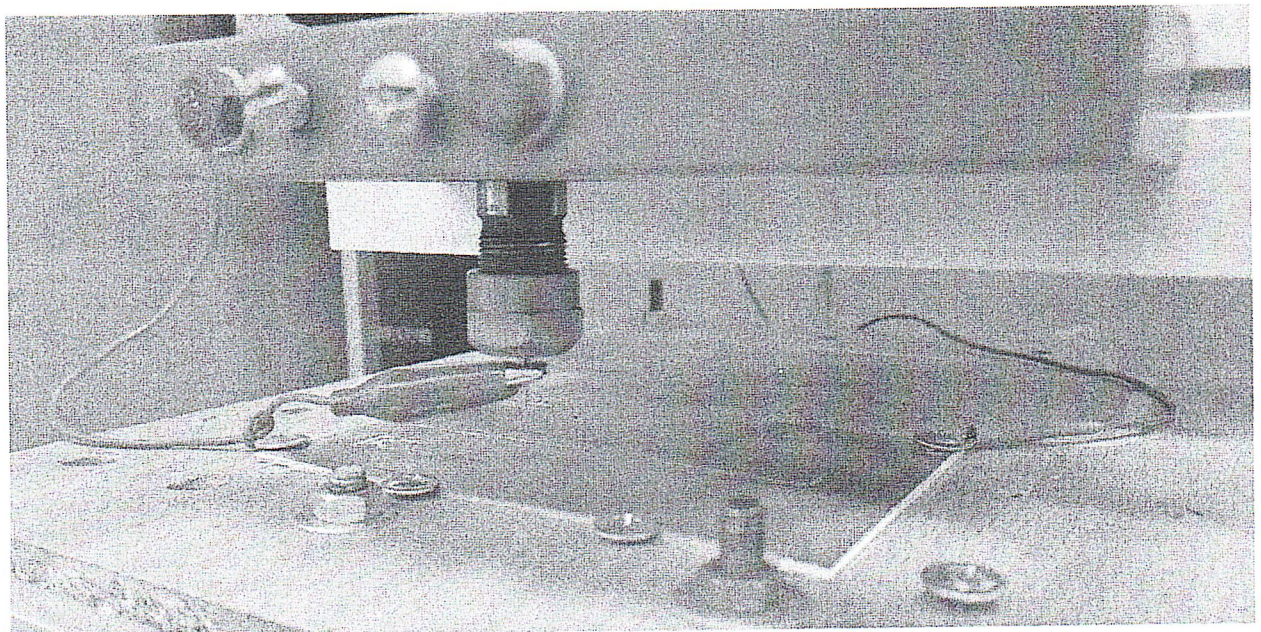


Рисунок А9 - Подключение датчика касания

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.
------	-------	-------------	-------	-------

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

20



Включаем питание осей и двигателей. Запускаем компьютер и открываем «Mach3Mill». Подробно опишем интерфейс программы (рисунок А10).

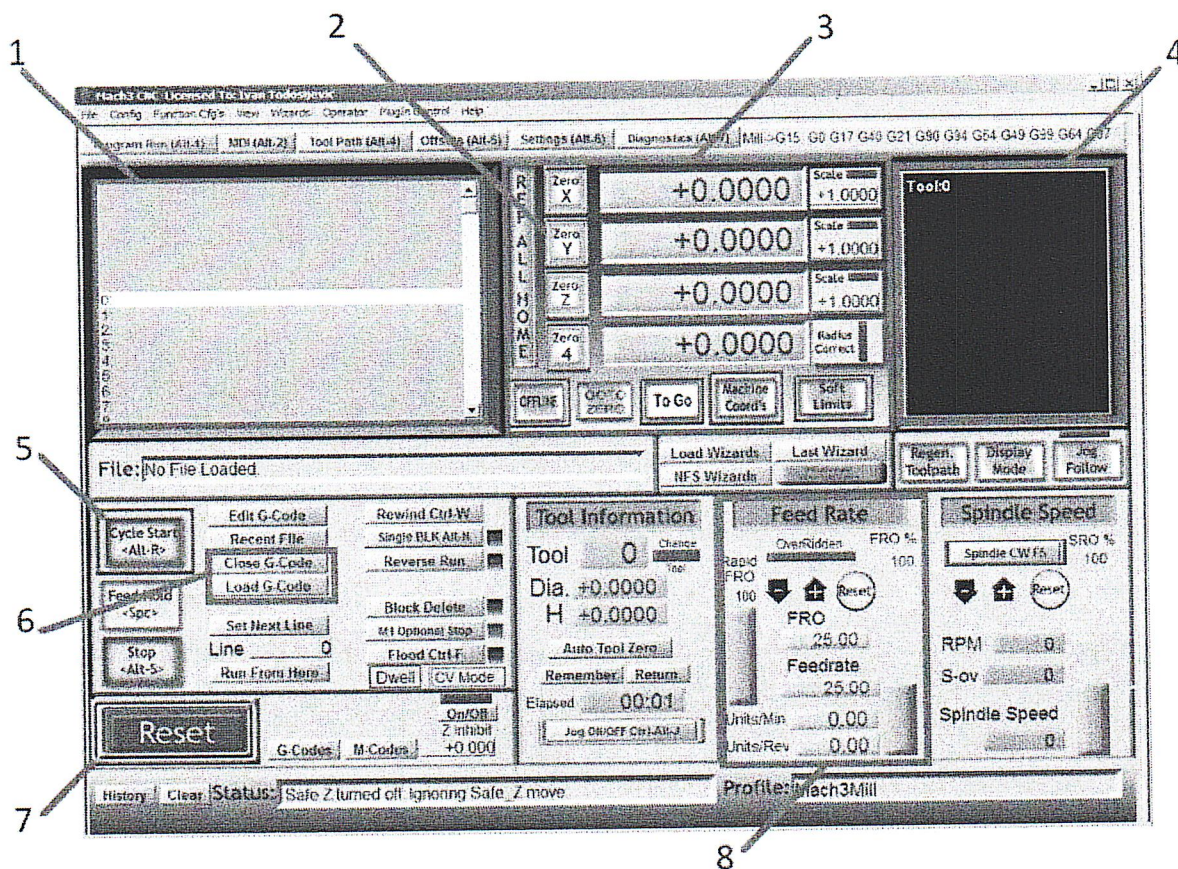


Рисунок А10 - Описание интерфейса Mach3

- 1 – Область отображения строчек G-кода программы;
- 2 – Кнопки обнуления координат осей;
- 3 – Область отображения и управления координатами;
- 4 – Область графического представления G-кода;
- 5 – Кнопка запуска программы;
- 6 – Кнопки закрытия и загрузки кода;
- 7 – Кнопка аварийной остановки;
- 8 – Панель управления скоростью перемещения по осям.

Для работы необходимо загрузить файл с G-кодом; нажать кнопку «Reset» на станке или программно, закрепить инструмент в шпиндель; подключить датчик касания; выставить ноль по осям X и Y вручную и кнопкой auto



tool zero, по оси Z. Отжать кнопку «Reset» и запустить выполнение программы.

Включение шпинделя и регулировка его оборотов производится только физически на инструменте (рисунок А11).



1 – колёсико регулировки скорости вращения шпинделя; 2 – кнопка включения инструмента

Рисунок А11 - Внешний вид инструмента

Частоты вращения шпинделя станка:

1 = 10 000 об/мин

2 = 17 000 об/мин

3 = 21 000 об/мин

4 = 23 000 об/мин

5 = 25 000 об/мин

6 = 27 000 об/мин

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

22



Для коррекции кривизны заготовки запускаем G-Code Ripper, загружаем файл g-кода для гравировки дорожек платы, выбираем пункт AutoProbe (рисунок A12).

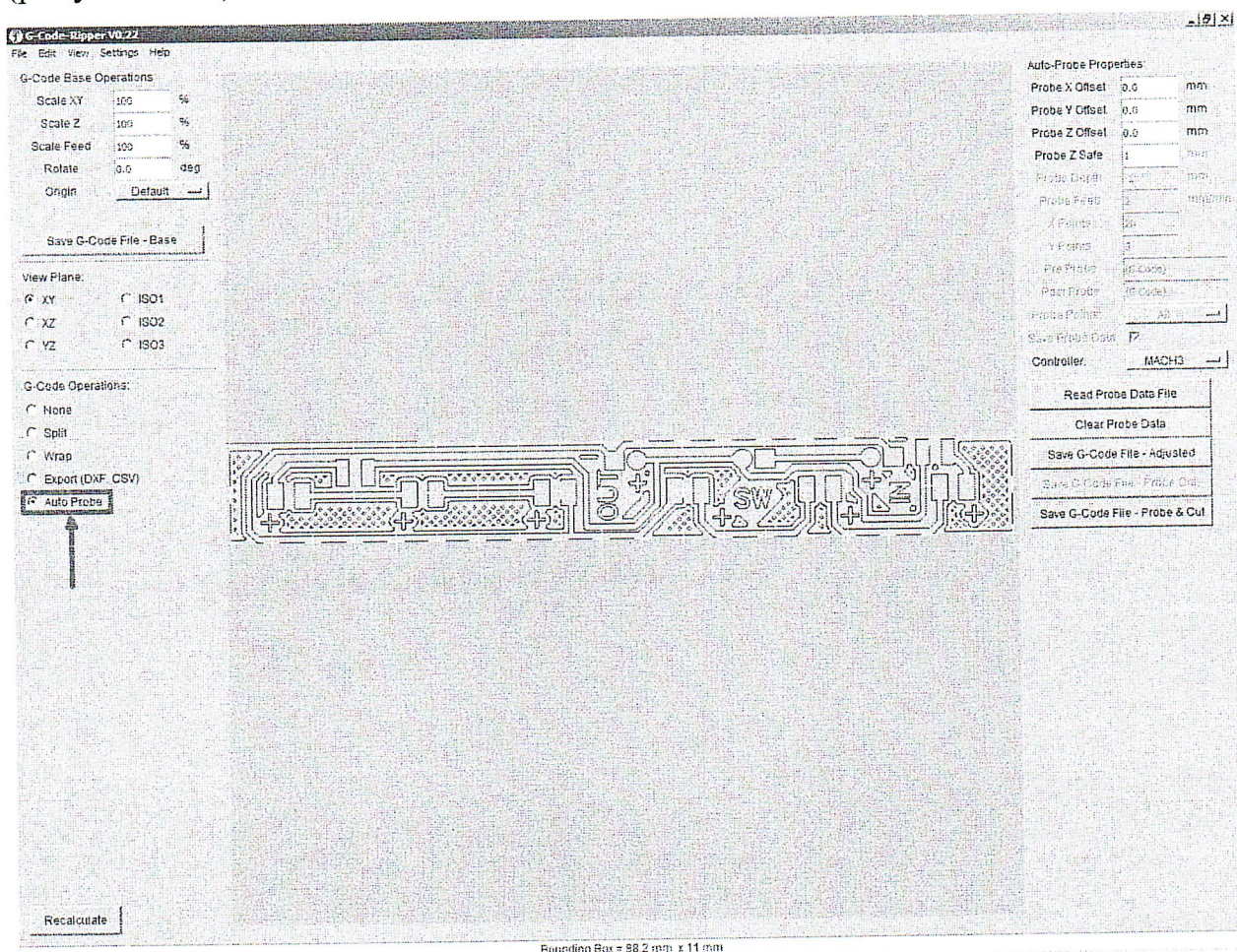


Рисунок A12 - Выбор операции

Убедитесь, что в настройках размеры указаны в миллиметрах. В случае если размеры указываются в дюймах, то исправляем их в настройках (рисунок A13).



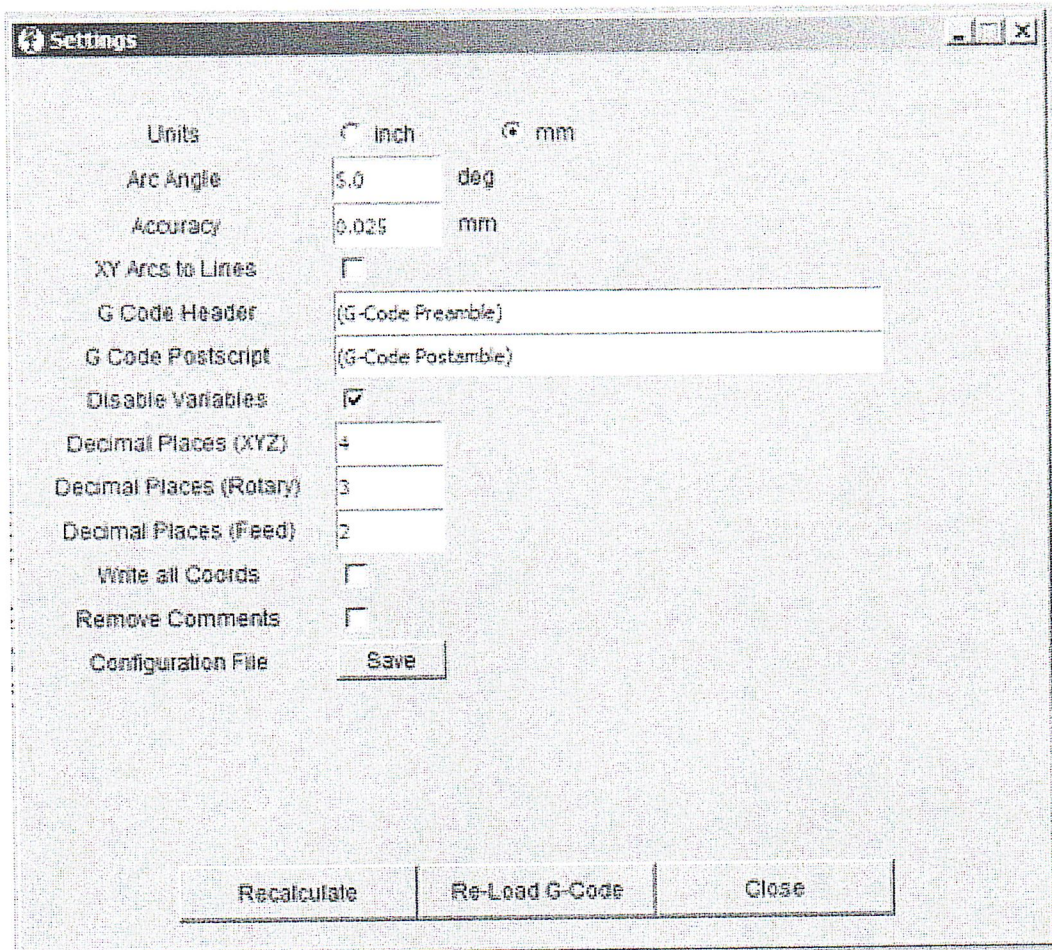


Рисунок А13 - Настройки единиц измерения

Далее настраиваем параметры замеров.

Probe X (Y, Z) Offset оставляем по нулям, этот параметр нами не используется, так как датчиком является сам инструмент.

Probe Z safe – безопасная высота (указывается максимальная разница в кривизне заготовки).

Probe Depth – глубина поиска (насколько датчик погружается ниже нуля при поиске контакта).

Probe Feed – скорость движения по оси Z при измерении (рекомендуется ставить не больше 200мм/мин, чем меньше скорость, тем выше точность измерений).

X, Y points – количество точек измерения по указанным осям.

Контроллер выбираем Mach3.

					СКБФЭУ.1.ИП.01000000	Лист
						24
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		



Результат приведён на рисунке А14.

Auto-Probe Properties:

Probe X Offset	0.0	mm
Probe Y Offset	0.0	mm
Probe Z Offset	0.0	mm
Probe Z Safe	1	mm
Probe Depth	-0.5	mm
Probe Feed	5	mm/min
X Points	20	
Y Points	3	
Pre Probe	(G Code)	
Post Probe	(G Code)	
Probe Points:	All	
Save Probe Data	<input checked="" type="checkbox"/>	
Controller:	MACH3	

Рисунок А14 - Настройка параметров замеров

После настроек, нажимаем Save G-code File – Probe only, сохраняем файл, в нем записан код для измерения заготовки. Загружаем его в Mach3 (рисунок А15).

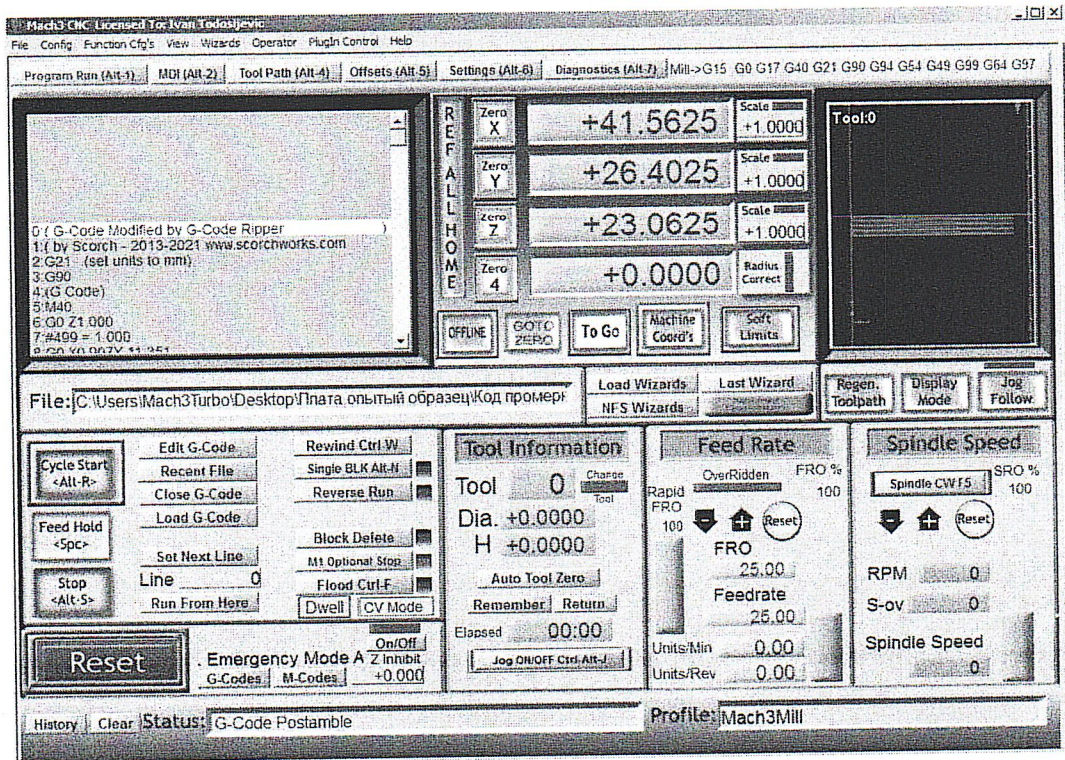


Рисунок А16 - Загрузка файла в Mach3



Выставляем нулевую точку, она должна оставаться одной и той же при измерении и будущей работой по скорректированному коду!

Запускаем программу, она попросит сохранить файл с результатами замеров.

После прохождения станком всех точек измерения возвращаемся в G-Code Ripper, нажимаем кнопку Read Probe Data File, выбираем файл с результатами измерений. Точки измерений, отмеченные крестиками, должны стать черными (рисунок A16).

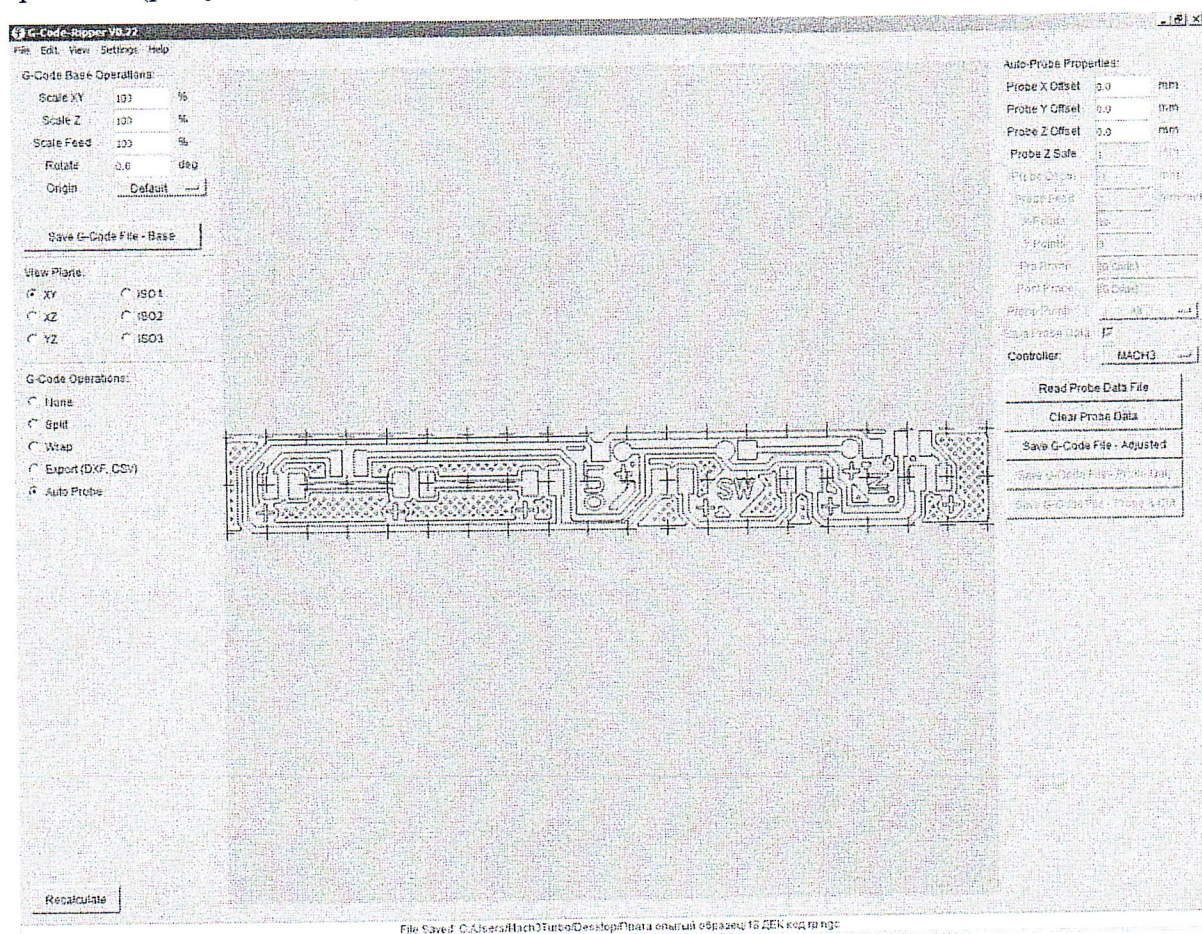


Рисунок A16 - Изображение платы после измерений кривизны

Нажимаем кнопку Save G-code File – Adjusted, программа сохраняет файл с коррекцией кода по оси Z, согласно измеренным данным. Загружаем файл в Mach3 (рисунок A17) и можно запускать программу.



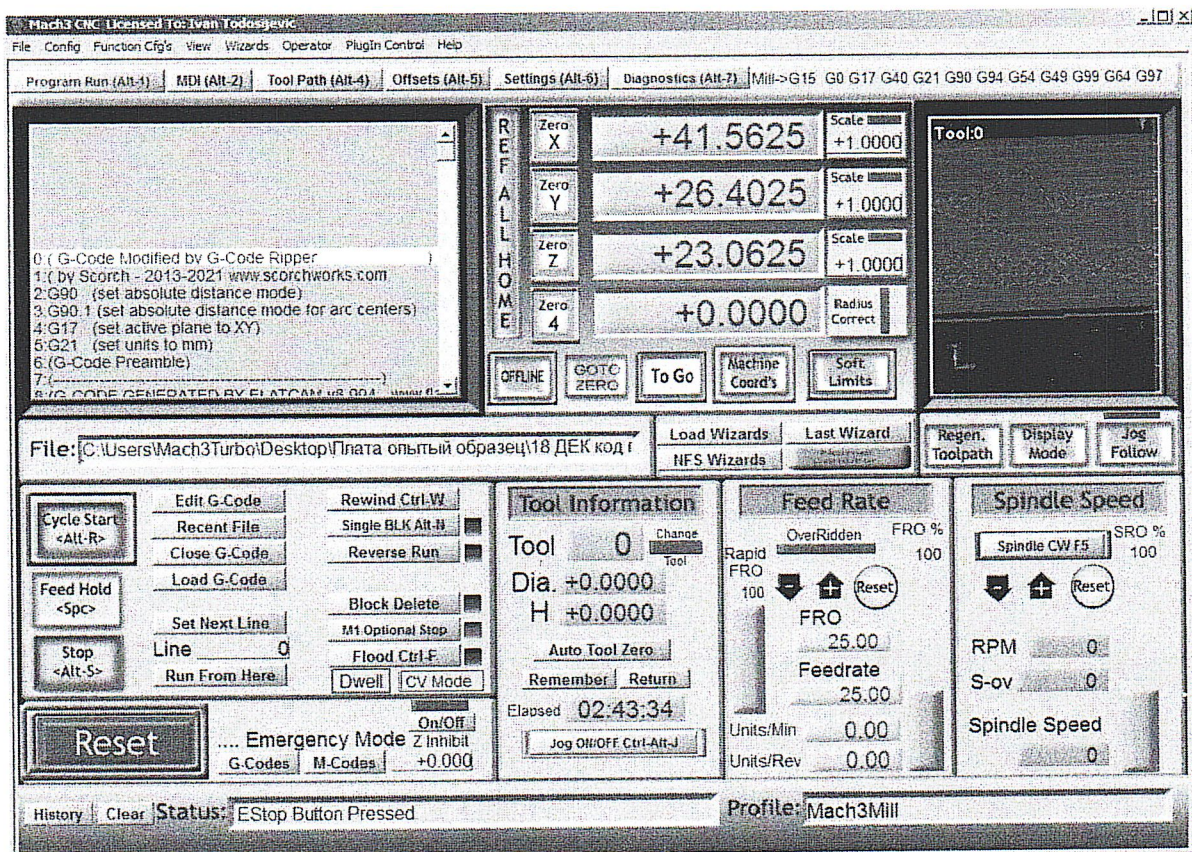


Рисунок А17 - Загруженный скорректированный код

В результате получается скорректированный по кривизне код заготовки.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.
------	-------	-------------	-------	-------

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

27



## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Код для настройки датчика касания:

```
CurrentFeed = GetOemDRO(818)
```

```
DoSpinStop()
```

```
ZCur = GetDro(2)
```

```
ZMove = ZCur-20.0 'Maximum detection depth 20.0
```

```
ZOffset = 0 'Probe thickness 1.6
```

```
ZSal = ZOffset + 2 'After the completion of the probe, put on the 2.0
```

```
If GetOemLed (825)=0 Then
```

```
Code "G4 P2.5"
```

```
Code "G31 Z"& ZMove & "F25"
```

```
While IsMoving()
```

```
Sleep(200)
```

```
Wend
```

```
Probepos = GetDro(2)
```

```
Call SetDro(2, ZOffset)
```

```
Code "G4 P1"
```

```
Code "G0 Z" & ZSal
```

```
Code "(Z zeroed)"
```

```
Code "F" &CurrentFeed
```

```
Else
```

```
Code "(Check Ground Probe)"
```

```
End If
```

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБФЭУ.1.ИП.01000000

Лист

28




Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

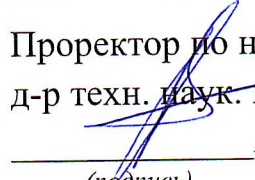
СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

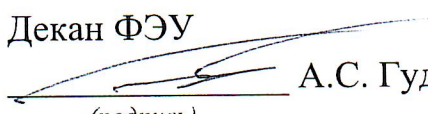
  
(подпись) Е.М. Димитриади  
« 06 » 06 20 24 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе,  
д-р техн. наук, профессор

  
(подпись) А.В. Космынин  
« 06 » 06 20 24 г.

Декан ФЭУ

  
(подпись) А.С. Гудим  
« 06 » 06 20 24 г.

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта  
«Система управления станком с ЧПУ для фрезерования печатных плат»

г. Комсомольск-на-Амуре

« 06 » 06 2024 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- С.И. Сухоруков – руководитель СКБ,
- А.С. Гудим – декан ФЭУ

со стороны исполнителя

- А.А. Биткина – руководителя проекта,
- Р.Е. Хохлов – 1ЭЛБ-1,
- Н.П. Бобровский – 1ЭЛБ-1.

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Система управления станком с ЧПУ  
для фрезерования печатных плат», в составе:

1. Алгоритм настройки.



2. Программа для настройки датчика касания.

3. Паспорт изделия.

Руководитель проекта Биткина 06.06.2024 А.А. Биткина  
(подпись, дата)

Исполнители проекта Хохлов 06.06.24 Р.Е. Хохлов  
(подпись, дата)

Бобровский 06.06.24 Н.П. Бобровский  
(подпись, дата)