

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Тольяттинский государственный университет

Д.Г. Левашкин

# **СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ. ПРОГРАММИРОВАНИЕ СТАНКОВ В СИСТЕМЕ ЧПУ НААС**

Электронное учебно-методическое пособие

© Левашкин Д.Г., 2025

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2025

ISBN 978-5-8259-1687-3

УДК 621.91.06-529(075.8)+004.896(075.8)

ББК 34.630.2-52-056.73я73

Рецензенты:

канд. техн. наук, доцент, начальник конструкторско-технологического  
отдела ООО «Научно-производственное предприятие «Авис»

*Д.Е. Салабаев;*

канд. техн. наук, доцент кафедры «Оборудование и технологии  
машиностроительных производств» института машиностроения  
Тольяттинского государственного университета *Д.А. Расторгуев.*

Левашкин, Д.Г. Системы числового программного управления. Программирование станков в системе ЧПУ НААС / электронное учебно-методическое пособие / Д.Г. Левашкин. – Тольятти : Издательство ТГУ, 2025. – 1 оптический диск. – ISBN 978-5-8259-1687-3.

Учебно-методическое пособие предназначено для практико-ориентированного обучения студентов, обучающихся по направлению 15.00.00 «Конструкторско-технологическое обеспечение автоматизированных машиностроительных производств», включая профили 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», 15.03.05 «Технология машиностроения», по дисциплине «Системы числового программного управления», очной, заочной (в том числе с использованием ДОТ) форм обучения.

Пособие может использоваться как операторами, так и программистами.

Предназначено для ознакомления с базовыми понятиями программирования станков с ЧПУ и их применения.

Текстовое электронное издание.

Рекомендовано к изданию научно-методическим советом Тольяттинского государственного университета.

Минимальные системные требования: IBM PC-совместимый компьютер; Windows XP/Vista/7/8/10; ПИИ 500 МГц или эквивалент; 128 Мб ОЗУ; SVGA; CD-ROM; Adobe Acrobat Reader; интернет-браузер.

© Левашкин Д.Г., 2025

© ФГБОУ ВО «Тольяттинский  
государственный университет», 2025

*Учебное издание*

***Левашкин Денис Геннадьевич***

СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ.  
ПРОГРАММИРОВАНИЕ СТАНКОВ В СИСТЕМЕ ЧПУ HAAS

Редактор *Т.М. Воропанова*

Технический редактор *Н.П. Крюкова*

Компьютерная верстка: *Л.В. Сызганцева*

Художественное оформление,

компьютерное проектирование: *И.И. Шишкина*

В оформлении пособия использовано изображение  
от [kjpgarter](http://kjpgarter.com) на сайте [ru.freepik.com](http://ru.freepik.com)

Дата подписания к использованию 11.03.2025.

Объем издания 8,7 Мб.

Комплектация издания: компакт-диск, первичная упаковка.

Тираж 50 экз. Заказ № 1-53-23.

Издательство Тольяттинского  
государственного университета  
445020, г. Тольятти, ул. Белорусская, 14,  
тел. 8 (8482) 44-91-47, [www.tltsu.ru](http://www.tltsu.ru)

## Содержание

ВВЕДЕНИЕ .....	6
Модуль 1. РАБОТА СО СТОЙКОЙ ЧПУ HAAS .....	8
Тема 1.1. Начало работы .....	8
Тема 1.2. Загрузка программ в систему управления ЧПУ .....	13
Практическая работа 1. Обнуление осей станка .....	20
Тема 1.3. Использование расширенного управления инструментами .....	25
Тема 1.4. Дополнительный функционал работы со стойкой ЧПУ HAAS .....	34
Практическая работа 2. Программное перемещение по осям станка .....	37
Практическая работа 3. Работа в режиме MDI .....	40
Тема 1.5. Система интуитивного программирования (IPS) .....	43
Тема 1.6. Функции макросов FANUC, не включенные в систему управления ЧПУ .....	50
Практическая работа 4. Настройка инструмента .....	64
Модуль 2. G-КОДЫ (ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ) .....	69
Тема 2.1. Основные группы G-кодов .....	69
Практическая работа 5. Создание программы со стойки .....	98
Модуль 3. M-КОДЫ .....	105
Тема 3.1. Основные группы M-кодов .....	105
Практическая работа 6. Загрузка программы со съемного носителя .....	116

Модуль 4. ПРИМЕРЫ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ .....	123
Тема 4.1. Программирование контурной обработки детали «вал ступенчатый» .....	123
Тема 4.2. Программирование обработки детали «вал ступенчатый» с круговой интерполяцией .....	125
Тема 4.3. Программирование обработки детали «втулка» .....	127
Тема 4.4. Программирование обработки детали типа «ось» .....	129
Тема 4.5. Программирование обработки детали типа «вал» .....	133
ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ .....	136
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	138
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	139
ГЛОССАРИЙ .....	141

## ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения дисциплины – формирование у студентов компетенций в области современных систем числового программного управления (ЧПУ) технологическим оборудованием и станочными комплексами автоматизированного производства.

В результате изучения дисциплины студент должен:

- *знать* методы разработки документации в части подготовки управляющих программ станков с ЧПУ, отчётности по установленным формам, документации, регламентирующей качество выпускаемой продукции, а также поиска компромисса между различными требованиями (стоимости, качества, безопасности и сроков исполнения) как при краткосрочном, так и при долгосрочном планировании производственной деятельности;

- *уметь* системно осуществлять выбор и создание документации в части подготовки управляющих программ станков с ЧПУ, отчётности по установленным формам, документации, регламентирующей качество выпускаемой продукции, а также поиска компромисса между различными требованиями (стоимости, качества, безопасности и сроков исполнения) как при краткосрочном, так и при долгосрочном планировании;

- *владеть* методами проектирования и разработки управляющих программ оборудования для реализации технологий автоматизированной обработки деталей, применения автоматизированной оснастки и инструментального оснащения станков с ЧПУ с использованием документации (графики, инструкции, планы, заявки на материалы, средства и системы технологического оснащения машиностроительных производств) отчётности по установленным формам, документации, регламентирующей качество выпускаемой продукции, а также поиска компромисса между различными требованиями (стоимости, качества, безопасности и сроков исполнения) как при краткосрочном, так и при долгосрочном планировании.

Пособие предназначено для обучения основам программирования станка с ЧПУ посредством применения стойки HAAS.

Работа функций стойки приведена в отдельном модуле и в объёме, необходимом для выполнения конкретных прикладных задач, часть которых закрепляется в модуле практических работ.

Проверка соответствия результатов практической работы ожидаемому результату осуществляется в соответствии с критериями оценки.

Оценка «*зачтено*» выставляется студенту, если практическая работа выполнена в полном объеме в соответствии с заданием, не содержит серьезных ошибок и отклонений.

Оценка «*не зачтено*» — если практическая работа выполнена не в полном объеме, не соответствует заданию, содержит серьезные ошибки и отклонения.

# Модуль 1. РАБОТА СО СТОЙКОЙ ЧПУ HAAS

## Тема 1.1. Начало работы

### Включение питания станка

Включите станок, нажав кнопку **POWER-ON** (питание включено) на подвесном пульте управления.

Станок выполнит самодиагностику, после чего на дисплее появится либо экран **Messages** (сообщения), если было оставлено сообщение, или **Alarms** (сигналы об ошибке). В любом случае в хронологии фрезерного станка будет один сигнал об ошибке (**102 SERVOS OFF** – сервоприводы выключены). Для сброса сигналов об ошибках дважды нажмите кнопку **RESET**. Если сигнал об ошибке невозможно сбросить, вероятно, требуется провести техническое обслуживание станка. В этом случае свяжитесь со своим дилером.

После сброса сигналов об ошибке необходимо задать опорную точку станка, от которой начинаются все операции. Эта точка называется **HOME** (исходное положение). Для задания исходного положения нажмите кнопку **POWER-UP RESTART** (включить питание/перезапуск). Внимание: при нажатии кнопки происходит автоматическое перемещение рабочих органов станка. Держитесь на расстоянии от рабочих органов и устройства смены инструмента. Имейте в виду, что при нажатии кнопки **POWER-UP/ RESET** (включить питание/сброс) сигнал об ошибке 102 будет автоматически сброшен.

После установки исходного положения станок готов к работе, а на дисплее отображается страница **CURRENT COMMANDS** (текущие команды).

### Введение в программирование

#### Ручной ввод данных (MDI)

Ручной ввод данных (MDI) используется для подачи команд ЧПУ на автоматические перемещения без использования программы как таковой.

Для входа в этот режим нажмите кнопку **MDI/DNC** (ручной ввод данных/ГЧПУ) (рис. 1). Управляющие команды вводятся набором



с клавиатуры, в конце каждой строки нажимается **ENTER** (ввод). Имейте в виду, что в конце каждой введенной строки автоматически вставляется **EOB** (конец блока).



```
PROGRAM - MDI
G97 S1000 M03 ;
G00 X2. Z0.1 ;
G01 X1.8 Z-1. F12 ;
X1.78 ;
X1.76 ;
X1.75 ;
```

Рис. 1. Режим ручного ввода данных

Для редактирования программы ручного ввода данных используйте клавиши справа от кнопки **EDIT**. Подведите курсор к позиции, где необходимо внести изменения, после чего можно использовать различные функции редактирования.

Чтобы добавить команду в строку, введите команду и нажмите кнопку **ENTER** (ввод).

Для изменения значения выделите команду с помощью кнопок со стрелками или маховичка толчковой подачи, введите новую команду и нажмите кнопку **ALTER** (изменить).

Для удаления команды выделите ее и нажмите кнопку **DELETE** (удалить).

Клавиша **UNDO** отменяет до 9 последних изменений, внесенных в программу ручного ввода данных.

Программу ручного ввода данных можно сохранить в памяти системы управления. Для этого переместите курсор в начало программы (или нажмите **HOME** (исходное положение)), введите имя программы в формате Onnnnn (буква **O** и 5 цифр) и нажмите кнопку **ALTER** (изменить). При этом программа будет внесена в список программ, страница **MDI** (ручной ввод данных) будет очищена. Для повторного доступа к программе нажмите кнопку **LIST PROG** (список программ) и выберите ее.

Данные, введенные в режиме **MDI** (ручной ввод данных), сохраняются после выхода из этого режима и при выключении станка.

Для сброса текущих команд ручного ввода данных нажмите кнопку **ERASE PROG** (стереть программу).

### **Нумерованные программы**

Для создания новой программы нажмите кнопку **LIST PROG** (список программ) для входа в экран программ и режим списка программ. Введите номер программы (O00000) и нажмите кнопку **SELECT PROG** (выбор программы) или **ENTER** (ввод). Если программа с этим именем существует, она будет выбрана. Если такой программы не существует, она будет создана. Чтобы показать новую программу, нажмите кнопку **EDIT** (редактирование). Новая программа состоит только из названия и символа конца блока (;).

*Примечание.* «Использование нумерации O09XXX при создании новых программ не рекомендуется. Макропрограммы часто используют номера в этом блоке, и перезапись их может вызвать остановку работы станка» [8]. (Пример: перезапись O09876 вызовет нарушение нормальной работы операций G47 (гравирование). Нумерованные программы сохраняются в памяти при выключении станка).

### **Основы редактирования ручного ввода данных и нумерованных программ**

Единственным различием между программой ручного ввода данных и нумерованной программой является наличие кода **O**. Для редактирования программы ручного ввода данных просто нажмите **MDI**. Для редактирования нумерованной программы выберите ее и нажмите кнопку **EDIT** (редактирование). Режим редактирования программы включает ввод данных программы и нажатие кнопки **ENTER** (ввод). Данные программы разделяются на три категории: адрес, комментарий или конец блока.

Для добавления текста программы к имеющейся программе выделите текст, перед которым будет осуществляться вставка, введите данные и нажмите кнопку **INSERT** (вставить). Перед нажатием **INSERT** можно ввести несколько кодов, например, X, Y и Z.

Адреса вводятся в виде буквы, за которой следует числовое значение. Например: G04 P1.0 G04 – команда задержки (пауза), а P1.0 – продолжительность (1 секунда) этой задержки.

Комментарии могут состоять из буквенных символов или цифр, но обязательно заключаются в скобки. Например: (задержка 1 секунда). Максимальная длина комментария – 80 символов.

Конец блока вводится нажатием **EOB** (конец блока) и отображается в виде точки с запятой (;). Конец блока аналогичен знаку возврата каретки в конце абзаца. При составлении программ ЧПУ **EOB** (конец блока) вводится в конце каждой строки текста программы.

Пример строки программного кода, содержащей все три типа команд: **G04 P1** (задержка 1 секунда);

Команды не нужно разделять пробелами или другими символами. Пробел между элементами вставляется автоматически для облегчения чтения и редактирования.

Для изменения символов выделите нужную часть программы при помощи клавиш курсора или маховичка толчковой подачи, введите новый текст программы и нажмите **ALTER** (изменить).

Для удаления символов выделите их и нажмите **DELETE** (удалить).

Команды сохранения программы нет, поскольку сохранение происходит при вводе каждой строки.

### **Преобразование программы MDI (ручной ввод данных) в нумерованную программу**

Программу ручного ввода данных можно преобразовать в нумерованную программу и добавить в список программ. Для этого переместите курсор в начало программы (или нажмите **HOME**), введите имя программы в формате **Onnnnn** (буква **O** и 5 цифр) и нажмите кнопку **ALTER** (изменить). При этом программа будет внесена в список программ, ручной ввод данных будет сброшен. Для повторного доступа к программе нажмите кнопку **LIST PROG** (список программ) и выберите ее.

### **Поиск программы**

Для поиска фрагмента кода или текста в программе в режимах **MDI** (ручной ввод данных), **EDIT** (редактирование) или **MEM** (память) можно использовать кнопки перемещения курсора вверх и вниз. Для поиска конкретных символов введите их в строку ввода данных (например, **G40**) и нажмите клавишу курсора со стрелкой

вверх или вниз. Клавиша курсора со стрелкой вверх осуществляет поиск введенных символов в направлении к началу программы (вверх), а клавиша курсора со стрелкой вниз – к концу (вниз).

### **Удаление программ**

Для удаления программы нажмите клавишу **LIST PROG** (список программ). При помощи клавиш курсора со стрелками вверх или вниз выделите номер программы и нажмите клавишу **ERASE PROG** (стереть программу). Нажмите Y в вопросе для подтверждения удаления или N для отмены. Или введите номер программы и нажмите клавишу **ERASE PROG** (стереть программу); однако пользуйтесь этим вариантом осторожно, так как в данном случае не выдается приглашение для подтверждения Y/N (да/нет) и программа будет немедленно удалена.

Для удаления всех программ выделите элемент ALL (все) в конце списка программ и нажмите кнопку **ERASE PROG** (стереть программу). Есть несколько важных программ, с которыми поставляется станок: это O02020 (прогрев шпинделя), O09997 (визуальный быстрый код) и O09876 (файл шрифта для гравирования). Перед стиранием всех программ сохраните эти программы на устройстве памяти или в компьютере. Для защиты программы O09XXX от удаления включите настройку 23.

Примечание. Клавиша UNDO (отмена) не восстанавливает удаленные программы.

### **Переименование программ**

Номер программы можно изменить вводом нового числа в режиме редактирования (EDIT) и нажатием кнопки ALTER (изменить). Примите меры, чтобы случайно не перезаписать важные программы, например, перечисленные в предыдущем разделе.

### **Максимальное количество программ**

Если в памяти системы управления находится максимальное количество программ (500), отображается сообщение DIR FULL (каталог заполнен) и создание новых программ невозможно.

## Выбор программы

Для вызова списка сохраненных программ войдите в каталог, нажав кнопку **LIST PROG** (список программ). Для выбора программы перейдите к нужной программе и нажмите **SELECT PROG** (выбрать программу). Другой способ выбора программы: введите имя программы и нажмите **SELECT PROG** (выбрать программу).

После нажатия **SELECT PROG** (выбрать программу) рядом с именем программы появляется буква A. Именно эта программа будет выполнена при переходе в режим MEM (память) и нажатии клавиши **CYCLE START** (запуск цикла). Она также отображается на дисплее редактирования (EDIT).

В режиме ПАМ (память) можно быстро выбрать и отобразить другую программу – вводом номера программы (Oпnnnn) и нажатием стрелки вверх/вниз или F4.

Программа останется выбранной и после выключения станка.

«Система управления HAAS распределяет функции станка по трем режимам: SETUP (настройка), EDIT (редактирование) и OPERATION (эксплуатация). В каждом режиме на одном экране отображается вся информация, необходимая для выполнения задач в этом режиме. Например, в режиме SETUP (наладка) открыт доступ к таблицам коррекции детали, коррекции на инструмент и данным положения. В режиме редактирования доступны редактор программ и дополнительные системы, например, система визуального программирования (СВП) (которая включает беспроводную систему интуитивного измерения головкой (WIPS)). В режиме работы MEMORY/Память (MEM) запускаются программы» [8].

## Тема 1.2. Загрузка программ в систему управления ЧПУ

«Нумерованные программы можно скопировать из блока ЧПУ на персональный компьютер (ПК) и обратно. Оптимальным вариантом является сохранение программ в файле с расширением .txt. Такие программы будут распознаваться любым компьютером как простые текстовые файлы. Для переноса программ можно использовать разные способы, например, интерфейс USB, RS-232 и дискету. Аналогичным образом можно переносить между блоком ЧПУ

и ПК настройки, коррекции и макропеременные. В случае получения блоком ЧПУ поврежденных данных программы они преобразуются в комментарии, сохраняются в программе и выдается сигнал об ошибке. Несмотря на наличие ошибок, данные будут загружены в систему управления» [9].

### **Диспетчер устройств USB/жесткого диска/Ethernet**

Система управления HAAS включает диспетчер устройств, который показывает в меню со вкладками запоминающие устройства, подключенные к станку.

Войдите в диспетчер устройств, нажав **LIST PROG** (список программ). Передвигайтесь по меню со вкладками при помощи клавиш курсора со стрелками для выбора вкладки соответствующего устройства и нажмите **ENTER** (ввод).

При просмотре списка программ внутри вкладки устройства используйте клавиши курсора со стрелками вверх/вниз для выделения программ и нажмите **ENTER** (ввод) для добавления выбранной программы к выборке.

Следующий пример показывает каталог для устройства USB. Выбранная программа в памяти показана со значком A. Выбранный файл будет также показан в поле SOURCE (источник).

### **Копирование файлов**

Выделите файл и нажмите **ENTER**, чтобы выбрать его. Около имени файла появится отметка.

Перейдите к целевому каталогу с помощью клавиш курсора, нажмите **ENTER** (ввод) и нажмите **F2** для копирования файла.

Имейте в виду, что файлы, скопированные из памяти системы управления на устройство, будут иметь расширение .NC, следующее после имени файла. Однако название можно изменить, перейдя к целевой директории, введя новое имя и затем нажав **F2**.

### **Дублирование файла**

Нажмите **LIST PROG** (список программ) для осуществления доступа к Device Manager (диспетчеру устройства). Выберите вкладку памяти. Установите курсор на программе, которую необходимо скопировать, введите новый номер программы (Onnnnn) и нажмите **F2**. Выделенная программа будет скопирована под новым именем

и станет активной программой. Для копирования файла на другое устройство наведите курсор на имя программы и нажмите **F2**, не вводя новое имя файла. Появится всплывающее меню со списком целевых устройств. Выберите устройство и нажмите **ENTER** для копирования файла. Для копирования нескольких файлов нажмите **ENTER** (ввод), чтобы установить отметку возле каждого имени файла.

### **Соглашения об именах файлов**

Имена файлов должны иметь стандартный формат «восемь-точка-три». Например: program1.txt. Однако некоторые программы САПР/САП используют в качестве типа файла .NC, что также допустимо. Имена файлов могут быть такими же, как и номера программы без расширения, но некоторые приложения ПК могут не опознать такой файл.

Файлы, созданные в системе управления, будут иметь имена, начинающиеся с буквы O, после которой идут 5 цифр. Например, O12345.

### **Переименование**

Чтобы изменить имя файла на устройстве USB или жестком диске, выделите файл, введите новое имя и нажмите **ALTER** (изменить).

### **Удаление**

Чтобы удалить файл программы из устройства, выделите файл и нажмите **ERASE PROG** (стереть программу). Удаляйте несколько файлов, выбрав их (нажмите **ENTER** (ввод) для добавления файла к списку выбранных, при этом будет установлена отметка рядом с ним; отмените выбор, снова нажав **ENTER**), затем нажмите **ERASE PROG** (стереть программу), что удалит все выбранные файлы.

### **Экранная справка**

При нажатии **HELP/CALC** (справка/калькулятор) появляется экранная справка. Выберите функции из всплывающего меню и нажмите **ENTER** (ввод) для их выполнения или используйте перечисленные горячие клавиши. Для выхода из экрана справки нажмите кнопку **CANCEL** (отмена) для возврата в диспетчер устройств.

## Интерфейс RS-232

Интерфейс RS-232 — это один из способов подключения системы ЧПУ HAAS к другому компьютеру. Эта функция позволяет программисту загружать на компьютер и с компьютера программы, настройки и значения коррекции на инструмент.

Программы передаются или принимаются через порт RS-232 (последовательный порт 1), расположенный сбоку на блоке управления (не на подвесном пульте управления оператора).

Кабель для подключения блока ЧПУ к ПК не входит в комплект поставки. Есть две конструкции разъемов RS-232: разъем с 25 контактами и разъем с 9 контактами. На ПК, как правило, используется 9-контактный разъем.

## Числовое программное управление файлами (ФЧПУ)

Программа может быть запущена со своего сетевого месторасположения или с устройства хранения (устройство памяти USB, дискета, жесткий диск). Для выполнения программы из такого месторасположения перейдите на экран диспетчера устройства (нажмите **LIST PROG** (список программ)), выделите программу на выбранном устройстве и нажмите **SELECT PROG** (выбор программы). Программа будет отображена в панели активной программы, а метка FNC (ФЧПУ) возле имени программы в списке программ указывает на то, что это текущая активная программа ФЧПУ. Подпрограммы могут вызываться с использованием M98 при условии, что подпрограмма находится в той же директории, что и главная программа. К тому же подпрограмма должна иметь название в соответствии с соглашением о названиях HAAS с чувствительностью к состоянию регистра, например, O12345.nc.

*Внимание!* Программа может быть изменена дистанционно, а изменения вступят в силу при следующем запуске программы. Подпрограммы могут быть изменены в ходе выполнения программ ЧПУ. В ФЧПУ редактирование программ невозможно. Программа выведена на экран, и ее можно просмотреть, но нельзя отредактировать. Редактирование можно выполнить с сетевого компьютера или загрузив программу в память.



Для запуска программы в ФЧПУ:

1) нажмите **LIST PROG** (список программ), затем перейдите по меню со вкладками на соответствующее устройство (устройство USB, жесткий диск, NetShare (общая сеть));

2) передвигайте курсор вниз до требуемой программы и нажмите **SELECT PROG** (выбор программы). Программа появится в окне активной программы и может быть запущена непосредственно с устройства памяти.

Для выхода из ФЧПУ снова выделите программу и нажмите **SELECT PROG** (выбор программы) или выберите программу в памяти ЧПУ.

### **Примечания по прямому числовому управлению (ПЧУ)**

Пока программа выполняется в режиме ГЧПУ, изменить режимы невозможно. Следовательно, функции редактирования, такие как **BACKGROUND EDIT** (фоновое редактирование), недоступны.

ГЧПУ поддерживает «капельный» режим. В этом режиме система управления за один раз выполняет один блок (команду). Блоки выполняются немедленно, без опережающего просмотра блоков. Исключением является команда Cutter Compensation (коррекция на режущий инструмент). Перед исполнением блока с коррекцией на режущий инструмент требуется выполнить чтение трех блоков команд перемещения.

Работа ГЧПУ в режиме дуплексной связи возможна при использовании команды G102 или режима DPRNT, передающих выходные координаты в управляющий компьютер.

### **Настройка детали**

Необходимо правильно закрепить заготовку на столе. Есть много способов сделать это: используя зажимное приспособление, патрон или болты с Т-образной головкой и боковые прихваты.

### **Стандартная настройка коррекции детали**

1. Поместите материал в тиски и зажмите.
2. Вставьте в шпиндель указатель.
3. Нажмите **HANDLE JOG** (маховичок толчковой подачи) (A).
4. Нажмите **.1/100**. (B) (скорость перемещения фрезерного станка при вращении маховичка будет выше).

5. Нажмите **+Z** (C).
6. Маховичком толчковой подачи (D) переместите ось Z примерно на 1" выше детали.
7. Нажмите **.001/1.** (E) (скорость перемещения фрезерного станка при вращении маховичка будет ниже).
8. Маховичком толчковой подачи (D) переместите ось Z примерно на 0,2 мм выше детали.
9. Выберите ось X или Y (F) и маховичком толчковой подачи (D) подведите инструмент к верхнему левому углу детали.
10. Нажмите **OFFSET** (коррекция) (G), пока активна область Work Zero Offset (коррекция начала координат детали).
11. Установите курсор (I) в G54 столбец X.
12. Нажмите **PART ZERO SET** (установка нуля детали) (J) для ввода значения в столбец оси X. Второе нажатие **PART ZERO SET** (установка нуля детали) (J) загрузит значение в столбец оси Y.

*Внимание!* Не нажимайте кнопку **PART ZERO SET** (установка нуля детали) третий раз; если это сделать, будет введено значение для оси Z. При выполнении программы это вызовет удар или сигнал об ошибке.

### **Настройка коррекции на инструмент**

Следующий этап – привязка инструмента. Это определяет расстояние от режущей кромки инструмента до верха детали. Другое название процедуры – коррекция на длину инструмента, она обозначается символом H в строке программы станка. Расстояние для каждого инструмента заносится в таблицу коррекции на инструмент.

1. Вставьте указатель в шпиндель.
2. Нажмите **HANDLE JOG** (маховичок толчковой подачи) (A).
3. Нажмите **.1/100.** (B) (фрезерный станок будет перемещаться быстрее при вращении маховичка).
4. Выберите ось X или Y (C) и с помощью маховичка толчковой подачи (D) подведите инструмент к центру детали.
5. Нажмите **+Z** (E).
6. Маховичком толчковой подачи (D) переместите ось Z примерно на 1" выше детали.

7. Нажмите **.0001/.1** (F) (скорость перемещения фрезерного станка при вращении маховичка будет низкой).
8. Поместите между инструментом и заготовкой лист бумаги. Осторожно опустите инструмент как можно ближе к верху детали так, чтобы бумага оставалась не зажатой.
9. Нажмите **OFFSET** (коррекция).
10. Нажимайте кнопку **PAGE UP** (предыдущая страница) (H) до появления страницы с заголовком **Coolant – Length – Radius** (СОЖ – длина – радиус) и пролистайте до инструмента #1.
11. Установите курсор (I) на **Geometry** (геометрия) для позиции #1.
12. Нажмите **TOOL OFFSET MESUR** (измерение коррекции на инструмент) (J). При этом положение оси Z, показанное в левом нижнем углу экрана, будет помещено в позицию номера инструмента.

*Внимание!* Выполнение следующего пункта вызовет быстрое перемещение шпинделя по оси Z.20.

13. Нажмите **NEXT TOOL** (следующий инструмент) (K) [8].

#### **Дополнительная настройка инструмента**

В разделе **CURRENT COMMANDS** (текущие команды) есть другие страницы, используемые для настройки инструмента. Нажмите клавишу **CURNT COMDS** (текущие команды) и пролистайте страницы клавишами **PAGE UP/DOWN** (предыдущая/следующая страница).

На первой странице сверху имеется заголовок **SPINDLE LOAD** (нагрузка шпинделя) и **VIBRATION** (вибрация). Здесь программист может ввести значение предела нагрузки инструмента для нагрузки шпинделя и вибрации. Система управления будет отслеживать введенные значения и при достижении указанного предела нагрузки выполнит действие, заданное в настройке 84.

«Если шпиндель станка не работал в течение более 4 дней, выполните программу прогрева шпинделя, прежде чем приступить к эксплуатации станка. Эта программа осуществляет медленный разгон шпинделя, что обеспечивает распределение смазки и позволяет шпинделю достичь устойчивой температуры. В станке имеется

20-минутная программа прогрева (O09220) в списке программ. Если шпиндель постоянно используется на высоких скоростях, необходимо исполнять эту программу каждый день» [8].

Вторая страница называется **TOOL LIFE** (ресурс инструмента). На этой странице есть столбец **ALARM** (сигнал об ошибке). Программист может ввести значение в этот столбец, при этом станок остановится по достижении заданного времени использования инструмента.

## **Практическая работа 1** **Обнуление осей станка**

**Форма проведения** – практическое занятие.

**Цель** – научиться занулять инструмент фрезерного станка.

**Задача** – выполнить процедуру зануления в автоматическом и ручном режиме при помощи стойки ЧПУ HAAS.

### **Методические указания**

Калибровка станка ЧПУ представляет собой обнуление всех основных и вспомогательных осей, то есть установку начальной точки отсчета. Именно с нее управляющая программа начнет отсчет траектории движения инструмента или рабочего органа. Данная процедура может выполняться автоматически или вручную.

#### **Полное обнуление осей**

Для выполнения обнуления всех осей станка выполните следующие операции.

1. В ЧПУ необходимо активизировать режим полного обнуления осей станка.

2. Нажмите кнопку **START**, находящуюся на клавиатуре функций ЧПУ пульта управления; начнется процедура обнуления.

Первыми будут обнулены оси Z оперативных групп, а затем остальные.

### Одиночное обнуление осей

Для выполнения установки нуля одной оси станка выполните следующие операции.

1. В ЧПУ необходимо активизировать режим одиночной установки нуля осей станка и выбрать ось.

2. Проверьте, чтобы ничто не мешало движению осей, и дайте команду начала обнуления, нажав на кнопку **START**, находящуюся на клавиатуре функций ЧПУ пульта управления.

### Программа работ

1. Включить стойку клавишей **POWER ON** (рис. 2, кнопка А).
2. Далее нужно выйти в нулевую позицию станка при помощи клавиши **POWER UP/RESTART** (рис. 2, кнопка В).
3. Использовать режим работы **Handle JOG** (рис. 2, кнопка С).
4. Выбрать нужную ось (рис. 2, кнопка D).
5. Выбрать размер инкрементного перемещения (рис. 2, кнопка E).
6. Выйти на нужные координаты путем вращения моховика (рис. 2, кнопка F).
7. Повторить 3.2—3.6 пункты для остальных осей.
8. Выбрать клавишей **OFFSET** (рис. 2, кнопка G) рабочие координаты, код.
9. Выбрать G54 рабочей координатой (рис. 3).
10. Клавишей **PART ZERO SET** (рис. 2, кнопка H) выставить рабочие координаты.
11. Выполнить настройку ЧПУ согласно данным варианта (см. таблицу).

Обнуление осей станка необходимо для точного позиционирования инструмента или заготовки в пространстве. Это процесс, в результате которого текущая позиция станка становится начальной точкой для дальнейшей работы. Обнуление осей позволяет достичь высокой точности позиционирования инструмента или заготовки. Это особенно важно в случае, если требуется выполнить серию операций или достичь определенных размеров и формы заготовки.

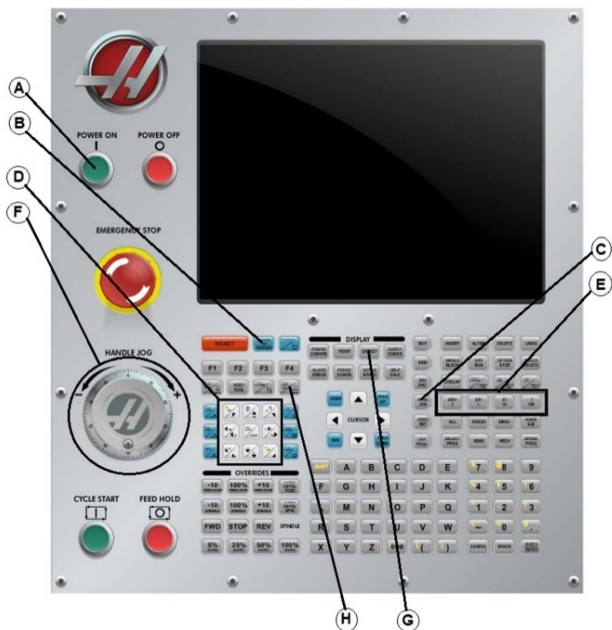


Рис. 2. Управляющая панель стойки ЧПУ HAAS

TOOL	COOLANT	TOOL OFFSET		TOOL INFO	
OFFSET	POSITION	GEOMETRY	WEAR	GEOMETRY	WEAR
1 SPINDE	0	130.000	0.	13.000	0.
2	0	130.000	0.	13.000	0.
3	0	80.000	0.	6.000	0.
4	0	100.000	0.	12.000	0.
5	0	100.000	0.	8.000	0.
6	0	100.000	0.	12.000	0.
7	0	100.000	0.	8.000	0.
8	0	80.000	0.	10.000	0.
9	0	0.	0.	0.	0.

G CODE	X AXIS	Y AXIS	Z AXIS	B AXIS	C AXIS
G52	0.	0.	0.	0.	0.
G54	-100.123	-71.102	26.616	0.	0.
G55	0.020	0.	0.	0.	0.
G56	0.	0.	0.	0.	0.
G57	0.	0.	0.	0.	0.
G58	0.	0.	0.	0.	0.
G59	0.	0.	0.	0.	0.
G154 P1	0.	0.	0.	0.	0.
G154 P2	0.	0.	0.	0.	0.
G154 P3	0.	0.	0.	0.	0.

MACHINE		JOG RATE:	
OPERATOR	WORK	G54	MACHINE
X	-100.123	0.000	-100.123
Y	-71.102	0.000	-71.102
Z	26.616	0.000	26.616
W	0.000	0.000	0.000
D	0.000	0.000	0.000

Рис. 3. Образец выполненной программы

Правильное обнуление осей помогает избежать столкновений между инструментом и заготовкой или другими элементами станка. Это особенно важно при выполнении сложных операций, таких как фрезерование или сверление. После обнуления осей станка можно задавать координаты инструмента или заготовки относительно начальной точки. Это упрощает программирование и позволяет быстро переносить программы на другие станки или повторять операции в разных точках заготовки.

Обнуление осей станка позволяет быстро и легко установить начальную позицию, что экономит время оператора и увеличивает производительность станка.

В целом обнуление осей станка является базовой операцией, которая обеспечивает точность и эффективность работы любого станка с ЧПУ.

### Варианты заданий

Вариант	X	Y	Z
1	-102.178	-80.245	-75.375
2	-98.798	-32.637	-56.012
3	-117.024	-84.632	-47.311
4	-40.864	-44.457	-106.097
5	-81.845	-23.420	-73.415
6	-103.671	-85.354	-41.005
7	-71.249	-57.672	-113.104

## Вопросы для контроля

1. Каково назначение ЧПУ HAAS?
2. Какие преимущества имеет ЧПУ HAAS перед другими системами управления?
3. Какие типы обработки может выполнять ЧПУ HAAS?
4. Какие основные компоненты включает в себя система ЧПУ HAAS?
5. Какие виды инструментов поддерживает ЧПУ HAAS?
6. Какие языки программирования можно использовать с ЧПУ HAAS?
7. Какие типы файлов поддерживает ЧПУ HAAS?
8. Какие внешние устройства можно подключить к системе ЧПУ HAAS?
9. Какой формат кода программы используется в ЧПУ HAAS?
10. Какие функции управления движением доступны в ЧПУ HAAS?
11. Какова процедура настройки и калибровки ЧПУ HAAS?
12. Какие используются команды для изменения скорости и точности движения в ЧПУ HAAS?
13. Какие операции можно выполнить для изменения положения рабочего стола или головки в ЧПУ HAAS?
14. Какие команды используются для изменения инструмента в ЧПУ HAAS?
15. Какие команды для управления системой охлаждения используются в ЧПУ HAAS?
16. Какие команды для измерения размера, диаметра и глубины используются в ЧПУ HAAS?
17. Какие функции доступны для управления подачей инструмента в ЧПУ HAAS?
18. Какие типы данных поддерживает ЧПУ HAAS?
19. Какие возможности для обработки циклов и подпрограмм есть в ЧПУ HAAS?
20. Какие функции доступны для работы с файлами и папками в ЧПУ HAAS?



## Тема 1.3. Использование расширенного управления инструментами

### Введение в управление инструментами

Расширенное управление инструментами (РУИ) позволяет программисту задавать и получать доступ к резервным инструментам для одного или нескольких заданий. Страница расширенного управления инструментами (РУИ) открывается в режиме **CURRENT COMMANDS** (текущие команды) (нажмите кнопку **CURRENT COMMANDS** (текущие команды) и **PAGE UP** (предыдущая страница) один раз). Ниже приводится пример экрана РУИ, экран имеет заголовок **TOOL GROUP** (группа инструмента).

Резервные или запасные инструменты подразделяются на несколько групп. Вместо отдельного инструмента программист указывает группу инструментов в программе G-кода. РУИ отслеживает использование отдельных инструментов по каждой группе и сравнивает данные с пределом стойкости, установленным пользователем. При достижении предела (например, количества использований или нагрузки на инструмент) фрезерный станок автоматически выберет другой инструмент из этой группы для последующего использования.

Для включения РУИ убедитесь, что настройка 7 (блокировка параметров) выключена, и нажмите кнопку аварийной остановки. В параметре 315, бит 28, измените значение с 0 на 1 и нажмите **F4** для переключения между окнами.

Для перемещения между элементами активного окна пользуйтесь клавишами курсора (влево, вправо, вверх, вниз). Нажатие **ENTER** выбирает, изменяет или сбрасывает значения каждого элемента в зависимости от сделанного выбора. В левом нижнем углу экрана показывается базовая справочная информация по выбранному элементу.<sup>[27]</sup>

## Использование расширенного управления инструментами

### Tool Group (группа инструментов)

В окне **Tool Group** (группа инструментов) оператор определяет группы инструментов, используемые в программах.

**PREVIOUS** (предыдущая) — при выделении (**PREVIOUS**) и нажатии **ENTER** (ввод) дисплей переключается на предыдущую группу.

**NEXT** (следующая) — при выделении (**NEXT**) и нажатии **ENTER** (ввод) дисплей переключается на следующую группу.

**ADD** (добавить) — для добавления группы инструментов выделите **Add** (добавить), введите число от 1000 до 2999 и нажмите **ENTER** (ввод).

**DELETE** (удалить) — с помощью пунктов **PREVIOUS** (предыдущая) или **NEXT** (следующая) перейдите к группе, которую необходимо удалить. Выделите элемент (**DELETE**) (удаление) и нажмите **ENTER**. На запрос о подтверждении удаления нажмите **Y** для завершения удаления или **N** для отмены удаления.

**RENAME** (переименовать) — выделите **RENAME** (переименовать), введите число от 1000 до 2999 и нажмите **ENTER** (ввод) для изменения номера идентификатора группы.

**SEARCH** (поиск) — для поиска группы выделите (**SEARCH**), введите номер группы и нажмите **ENTER** (ввод).

**GROUP ID** (идентификационный номер группы) — отображает идентификационный номер группы.

**GROUP USAGE** (использование группы) — введите порядок, в котором вызываются инструменты в данной группе. Для указания того, как использовать инструменты, используйте клавиши курсора «влево» и «вправо».

**DESCRIPTION** (наименование) — введите описательное имя группы инструментов.

**ALLOWED LIMITS** (допустимые пределы) — окно **Allowed Limits** (допустимые пределы) содержит предельные значения, задаваемые пользователем для определения износа инструмента. Эти переменные определяют срок службы каждого инструмента в группе. Если переменной оставлено нулевое значение, она будет игнорироваться.

**FEED TIME** (время подачи) — введите суммарное время использования инструмента при подаче (в минутах).

**TOTAL TIME** (общее время) — введите суммарное время использования инструмента (в минутах).

**TOOL USAGE** (использование инструмента) — введите суммарное количество раз использования инструмента (количество смен инструмента).

**HOLES** (отверстия) — введите общее допустимое количество отверстий, которое можно просверлить инструментом.

**TOOL LOAD** (нагрузка на инструмент) — введите максимальную нагрузку на инструмент (в процентах) для инструментов данной группы.

**TL ACTION\*** (действие по нагрузке) — укажите действие, которое должно автоматически выполняться при достижении максимальной нагрузки на инструмент, заданной в процентах.

Для выбора автоматического действия используйте клавиши со стрелками «влево» и «вправо».

### Данные об инструменте

**TL in Spindle** — инструмент в шпинделе.

**Tool** (инструмент) — используется для добавления или удаления инструмента из группы. Чтобы добавить инструмент, нажмите **F4** до выделения окна Tool Data (данные об инструменте). С помощью клавиш курсора выделите любой элемент под заголовком Tool (инструмент) и введите номер инструмента. При вводе нуля инструмент будет сброшен. При выделении номера инструмента и нажатии **ORIGIN** (исходное положение) произойдет сброс значений кодов H и D, а также данных о канавках инструмента на значения по умолчанию.

**EXP** (исчерпан) — используется для вывода из употребления инструмента в группе вручную. Для вывода инструмента из употребления введите «\*» или для сброса «\*» нажмите **ENTER** (ввод).

**Life** (ресурс) — процент оставшегося ресурса инструмента. Рассчитывается системой управления ЧПУ с использованием фактических данных об инструменте и пределов, установленных для группы оператором.

**CRNT PKT** (текущее гнездо) — гнездо устройства смены инструмента, в котором находится выделенный инструмент.

**H-Code** – код H (длина инструмента), который будет использоваться для данного инструмента. Редактирование H-кодов возможно только при условии, что настройка 15 H & T Code Agreement (согласование кодов H и T) выключена (off). Оператор может изменить H-код, введя его номер и нажав **ENTER** (ввод). Введенный номер будет соответствовать номеру инструмента на экране коррекции на инструмент.

**D-Code** – D-код, который будет использоваться для данного инструмента. Для изменения D-кода необходимо ввести его номер и нажать кнопку **ENTER**.

*Примечание.* По умолчанию коды H и D в режиме расширенного управления инструментами равны номеру инструмента, добавленного в группу.

**Flutes** (канавки) – количество канавок на инструменте. Для редактирования этого значения выберите его, введите новое число и нажмите кнопку **ENTER**. Это значение равно значению в столбце Flutes (канавки) на странице коррекции на инструмент. При выделении любого из следующих разделов (от Holes до Load) и нажатии кнопки **ORIGIN** (исходное положение) их значения будут очищены. Для изменения этих значений выделите значение в той или иной категории, введите новое число и нажмите кнопку **ENTER**.

**Load** (нагрузка) – максимальная нагрузка, прилагаемая к инструменту (в процентах).

**Holes** (отверстия) – количество отверстий, просверленных/нарезанных/расточенных инструментом с использованием стандартных циклов группы.

**Feed Time** (время подачи) – время в минутах, в течение которого инструмент использовался при операции подачи.

**Total Time** (общее время) – общее время использования инструмента (в минутах).

**Usage** (использование) – количество раз использования инструмента.

## Настройка группы инструментов

Чтобы добавить инструмент, нажмите **F4** до выделения окна Tool Group (группа инструментов). С помощью клавиш курсора выделите элемент (ADD) (добавить). Введите число от 1000 до 2999 (это будет идентификационный номер группы). Для изменения номера группы выделите функцию RENAME (переименовать), введите новый номер и нажмите **ENTER** (ввод).

## Использование группы инструментов

Перед тем как использовать программу, необходимо настроить группу инструментов. Для использования группы инструментов в программе сначала настройте группу инструментов. Затем подставьте номер группы инструментов в качестве номера инструментов в H-коды и D-коды программы.

«Расширенное управление инструментом (РУИ) позволяет организовывать группы резервных инструментов для одного задания или для серии заданий. РУИ подразделяет резервные или запасные инструменты на конкретные группы. В программе задается группа инструментов, а не один инструмент. РУИ отслеживает использование каждой группы инструментов и сравнивает данные с заданными пределами. Когда инструмент достигает предела, система управления отмечает, что его ресурс истек. В следующий раз, когда программа вызывает эту группу инструментов, система управления выбирает из группы инструмент, у которого не истек ресурс.

Если ресурс инструмента истек:

- маячок будет мигать;
- система расширенного управления инструментом (РУИ) помещает инструмент с истекшим ресурсом в группу EXP;
- группы инструмента, включающие этот инструмент, выделяются красным фоном» [8].

*Пример нового формата программирования:*

T1000 M06 (группа инструментов 1000)

G00 G90 G55 X0.565 Y-1.875 S2500 M03

G43 H1000 Z0.1 (H-код 1000 аналогичен номеру группы)

G83 Z-0.62 F15. R0.1 Q0.175

X1.115 Y-2.75

X3.365 Y-2.875

G00 G80 Z1.0 T2000 M06 (используйте группу инструментов 2000)

G00 G90 G56

X0.565 Y-1.875 S2500 M03

G43 H2000 Z0.1 (H-код 2000 аналогичен идентификационному номеру группы)

G83 Z-0.62 F15. R0.1 Q0.175

X1.115 Y-2.75

X3.365 Y-2.875 G00 G80 Z1.0

M30

Конец программы

### **Дополнительная программируемая трубка подачи СОЖ**

Программируемая СОЖ (Pcool) (опция) подает СОЖ на обрабатываемую деталь под различными углами. Угол подачи СОЖ можно изменить из программы ЧПУ.

При наличии этой опции на странице коррекции на инструмент показывается дополнительный столбец Coolant Position (положение СОЖ). При вызове соответствующего H-кода и M08 трубка подачи СОЖ будет переведена в положение, указанное для конкретного инструмента.

### **Настройка программируемой СОЖ**

1. Нажмите кнопку **OFFSET** (смещение) для вызова таблицы коррекции. Нажмите кнопку **CLNT UP** (СОЖ вверх) или **CLNT DOWN** (СОЖ вниз) для перемещения наконечника программируемой СОЖ в заданное положение. Нажмите кнопку **COOLNT** (СОЖ) для включения подачи СОЖ, чтобы проверить положение программируемой СОЖ.

*Примечание.* Положение программируемой СОЖ показывается в нижнем левом углу экрана.

2. Введите номер положения СОЖ для данного инструмента в столбец Coolant Position (положение СОЖ) и нажмите **F1**. Повторите пункты 1 и 2 для каждого инструмента.

3. Введите в программу позицию СОЖ как H-код. Например, H2 даст команду соплу перемещаться в положение, введенное в стол-

бец Coolant Position (положение СОЖ) для инструмента 2. Если настройка 15 (H & T Agreement – согласование H и T) включена (on), коды H и T в программе должны быть одинаковыми (например, T1 H1 необходимо использовать совместно).

Если настройка 15 выключена (off), коды H и T в программе могут быть разными (например, можно давать команду T1 H2).

### **Включение графического режима стойки HAAS**

«Надежный способ проверки и отладки программы – это запустить ее в графическом режиме. Станок не будет выполнять никаких перемещений, вместо этого все перемещения будут отображаться на экране» [8].

Графический режим можно запускать из режимов Memory (память), MDI (ручной ввод данных), DNC (ГЧПУ) или Edit (редактирование). Для выполнения программы нажимайте клавишу **SETNG/GRAPH** до появления страницы **GRAPHICS** (графика). Или нажмите **CYCLE START** (запуск цикла) из панели активной программы в режиме Edit (редактирование) для входа в графический режим. Для выполнения ГЧПУ в графическом режиме выберите DNC (ГЧПУ), затем перейдите в графический дисплей и передайте программу в систему управления станка (см. раздел «ГЧПУ»).

В графическом режиме существуют четыре полезные функции, которые можно вызвать нажатием одной из функциональных клавиш (**F1–F4**).

Клавиша F1 (помощь) отображает краткое описание каждой функции, доступной в графическом режиме.

F2 – это кнопка изменения масштаба изображения, которая выделяет область путем использования кнопок со стрелкой Page Up (предыдущая страница) и Page Down (следующая страница) для управления степенью масштабирования изображения и нажатия кнопки WRITE (запись).

F3 и F4 используются для управления скоростью моделирования.

Имейте в виду, что в графическом режиме моделируются не все функции или перемещения станка.

### **Пробный прогон**

Функция DRY RUN (пробный прогон) используется для быстрой проверки программы без фактической обработки деталей. Для запуска пробного прогона в режиме MEM (память) или MDI (ручной ввод данных) нажмите кнопку **DRY RUN** (пробный прогон). В процессе пробного прогона скорость всех ускоренных перемещений и подач выбирается кнопками скорости толчковой подачи.

Пробный прогон может быть включен или выключен только после полного завершения программы или нажатия кнопки **RESET** (сброс). В процессе пробного прогона происходят все необходимые перемещения XYZ и смены инструмента. Клавиши ручной коррекции можно использовать для регулировки скорости вращения шпинделя в пробном прогоне.

*Примечание.* Графический режим не менее удобен и, возможно, более безопасен, поскольку до окончания проверки программы оси станка не перемещаются.

### **Выполнение программ**

После загрузки программы на станок и настройки коррекции программу можно запустить нажатием кнопки **CYCLE START** (запуск цикла). Рекомендуется до начала обработки детали запустить программу в графическом режиме.

### **Run-Stop-Jog-Continue (пуск – стоп – толчковая подача – продолжить)**

«Эта функция позволяет оператору остановить выполнение программы, толчковой подачей отвести инструмент от детали, а затем возобновить выполнение программы. Порядок работы следующий.

1. Для остановки программы нажмите клавишу **FEED HOLD** (остановка подачи).

2. Нажмите X, Y или Z и кнопку маховичка толчковой подачи. Система управления сохранит текущие координаты X, Y и Z. *Примечание.* Толчковая подача осей кроме X, Y и Z невозможна.

3. Система управления выдаст сообщение Jog Away (отведите толчковой подачей). Отведите инструмент от детали при помощи маховичка толчковой подачи, дистанционного маховичка толчковой подачи, кнопок толчковой подачи или фиксации толчковой подачи.



Кнопки управления, например, **AUX CLNT** (вспомогательная СОЖ) (**TSC**) (**СОШ**) или **COOLNT** (**СОЖ**) для включения/выключения подачи СОЖ (для вспомогательной СОЖ требуется, чтобы шпиндель вращался и дверь была закрыта)» [8].

Шпинделем можно управлять, нажимая **CW** (ПЧС), **CCW** (ПРЧС), **STOP** (стоп), **TOOL RELEASE** (разжим инструмента). При необходимости вкладыши инструмента можно заменить.

«**Внимание:** когда программа будет продолжена, для положения возврата будут использоваться старые значения коррекции. Поэтому не рекомендуется производить смену инструмента и изменять коррекцию при прерывании программы.

4. Подведите инструмент толчковой подачей как можно ближе к сохраненному положению или к положению, из которого возможно беспрепятственно ускоренное перемещение к сохраненному положению.

5. Вернитесь в предыдущий режим, нажав **MEM** (память), **MDI** (ручной ввод данных) или **DNC** (ГЧПУ). Система управления продолжит работу только в случае, если введенный режим соответствует режиму в момент остановки.

6. Нажмите **CYCLE START** (запуск цикла). Система управления выдаст сообщение **Jog Return** (возврат из толчковой подачи) и выполнит ускоренное перемещение осей X и Y при 5 % скорости в положение, которое они занимали в момент нажатия **FEED HOLD** (остановка подачи), затем произойдет возврат оси Z. **Внимание:** система управления не будет следовать траектории, которая использовалась для отвода толчковой подачей. Если во время этого перемещения нажата клавиша **FEED HOLD** (остановка подачи), фрезерный станок прекратит подачу и выдаст сообщение **Jog Return Hold** (остановка возврата толчковой подачей). Для возобновления прерванной операции возврата нажмите клавишу **CYCLE START** (запуск цикла). По окончании перемещения система управления снова перейдет в состояние остановки подачи.

7. Снова нажмите клавишу **CYCLE START** (запуск цикла), и программа возобновит нормальную работу» [8].

См. также настройку 36 Program Restart (перезапуск программы).

Используйте последовательность, заданную пунктами 1–7 для повторного запуска и отладки программы.

### **Таймер перегрузки оси**

При обнаружении тока перегрузки шпинделя или осей срабатывает таймер и отображается в панели POSITION (положения). Таймер запускается на интервал 1,5 минуты, и отсчет идет до нуля. Сигнал об ошибке перегрузки оси (SERVO OVERLOAD) выдается, когда время истекло (ноль на таймере).

Таймер перегрузки оси на стойке HAAS может быть настроен в соответствии с требованиями конкретного процесса и оборудования. Для написания таймера перегрузки оси на стойке HAAS вам потребуется использовать язык программирования, который поддерживает данное оборудование, такой как G-код или M-код.

Пример G-кода:

```
`<br>G90 ; Установка абсолютных координат  
<br>G54 ; Выбор системы координат  
<br>G0 X0 Y0 ; Перемещение в начальную точку  
<br>M99 ; Отключение программы  
<br><br>M30 ; Конец программы<br>
```

В данном примере после команды M99` у вас имеется возможность установить таймер оси. Вы можете использовать системные переменные для отслеживания времени работы оси и применять логику для того, чтобы срабатывало предупреждение или остановка при достижении определенного периода времени.

## **Тема 1.4. Дополнительный функционал работы со стойкой ЧПУ HAAS**

**Быстрый поиск программы курсором.** В режиме EDIT (редактирование) или MEM (память) можно быстро выбрать и отобразить другую программу, введя номер программы (Onnnnn) и нажав кнопку со стрелкой вверх, стрелкой вниз.

**Поиск команды в программе.** Поиск конкретной команды в тексте программы можно выполнять в режиме MEM (память) или EDIT (редактирование). Введите буквенный код адреса (A, B, C и т. д.) или код адреса и значение (A1.23) и нажмите клавишу со

стрелкой вверх или вниз. При вводе кода адреса без значения поиск будет остановлен на первом найденном вхождении этого адресного кода независимо от значения.

**Команда шпинделя.** Запустите или остановите шпиндель кнопками **CW** (ПЧС) или **CCW** (ПРЧС) в любое время при остановке в покадровом режиме (Single Block) или в режиме остановки подачи (Feed Hold). Как только выполнен перезапуск программы при помощи **CYCLE START** (запуск цикла), шпиндель включается.

**Сохранение программы MDI (ручной ввод данных).** Сохраните программу из MDI (ручной ввод данных) в списке программ, установив курсор в начале программы MDI, введя номер программы (Onnnnn) и нажав **ALTER** (изменить).

**Ускоренное перемещение в исходное положение оси.** Выполните ускоренное перемещение всех осей в начало координат станка, нажав клавишу **HOME G28** (исходное положение). Переместите одну ось в начало координат станка ускоренным перемещением, введя букву оси (например, X), а затем нажав **HOME G28**.

**Внимание!** Предупреждение о любом возможном столкновении не выдается.

### **Коррекция**

**Ввод значений коррекции.** Нажатие кнопки **OFFSET** переключает страницы Tool Length Offsets (коррекция на длину инструмента) и Work Zero Offsets (коррекция начала координат детали). При нажатии **WRITE/ENTER** (запись/ввод) введенное число будет сложено с числом, введенным в выбранное значение коррекции. При нажатии **F1** выбранное значение коррекции будет заменено введенным значением. Для ввода отрицательного значения коррекции нажмите **F2**.

**Положение трубки подачи СОЖ.** Положение наконечника подачи СОЖ представлено в качестве первого значения, следующего за номером инструмента в таблице коррекции на инструмент.

**Сброс всех значений коррекции и макропеременных.** На экране Tool Length Offset (коррекция на длину инструмента) удалите все значения коррекции нажатием клавиши **ORIGIN** (начало координат). Такое же действие можно выполнить на страницах Work

Zero Offset (коррекция начала координат детали) и Macro Variables (макропеременные).

### Калькулятор

**Перенос результатов простых расчетов.** Число в поле простого калькулятора (в верхнем левом углу) можно перенести в любую строку, выбранную курсором, переместив курсор в эту строку и нажав **F3**.

**Перенос в режим EDIT (редактирование) или MDI (ручной ввод данных).** При нажатии **F3** число из поля калькулятора (когда курсор установлен на число) переносится в строку ввода данных в режиме **EDIT** (редактирование) или **MDI** (ручной ввод данных). Введите букву (**X**, **Y** или **Z**), которую необходимо использовать с числом из калькулятора.

**Круговой калькулятор.** Круговой калькулятор показывает четыре различных способа, которыми можно запрограммировать круговое движение с использованием введенных значений. Одно из решений можно перенести в режим **EDIT** или **MDI**. Чтобы это сделать, переместите курсор на строку программы, которую необходимо использовать, и нажмите или **EDIT** (редактировать), или **MDI** (ручной ввод данных). Нажмите кнопку **F3**, которая перенесет круговое перемещение в строку ввода данных в нижней части экрана. Нажмите **INSERT**, чтобы добавить в программу эту строку с командой кругового перемещения.

**Однострочные выражения.** Калькулятор позволяет решать простые однострочные выражения без скобок, например,  $23 \times 45,2 + 6/2$ . Выражение будет решено при нажатии кнопки **WRITE/ENTER**. *Примечание.* Умножение и деление выполняются до сложения и вычитания.

### Программирование

Программирование можно осуществлять, используя клавиши на панели оператора и цифровую клавиатуру. Также стойка поддерживает загрузку управляющей программы, разработанную на удаленном терминале через разъем USB. Формат программы для загрузки должен быть сохранен в виде текстового файла с латинским названием и расширением \*.txt.

### **Копирование программы в режиме LIST PROG (список программ)**

В режиме LIST PROG (список программ) можно сделать копию программы, для этого выберите номер программы, введите новый номер программы (Oпnnnn) и нажмите **F1**. Выберите duplicate program/file (копировать программу/файл) из всплывающего списка и нажмите **ENTER** (ввод).

## **Практическая работа 2**

### **Программное перемещение по осям станка**

**Форма проведения** – практическое занятие.

**Цель** – научиться подать команды ЧПУ на автоматические перемещения, используя ручной ввод данных.

**Задача** – выполнить программное перемещение по осям станка, используя стойку ЧПУ HAAS.

### **Краткие теоретические сведения**

«Программирование обработки на станках с ЧПУ осуществляется на языке, который обычно называют языком G- и M-кодов. Совокупность команд на языке программирования, соответствующая алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки, называется управляющей программой (УП)» [11] (см. таблицу).

«Существует три метода программирования обработки для станков с ЧПУ: ручное программирование – все операторы станков с ЧПУ, технологи-программисты должны иметь хорошее представление о технике ручного программирования. Это как начальные классы в школе, обучение в которых дает базу для последующего образования. Программирование на пульте УЧПУ – когда программы создаются и вводятся прямо на стойке ЧПУ, используя клавиатуру и дисплей» [11].

### Список G- и M-кодов

G-коды для ЧПУ	M-коды для ЧПУ
<b>G00</b> – быстрое позиционирование	<b>M00</b> – программируемый останов
<b>G01</b> – линейная интерполяция	<b>M01</b> – останов с подтверждением
<b>G02</b> – круговая интерполяция по часовой стрелке	<b>M02</b> – завершение программы
<b>G03</b> – круговая интерполяция против часовой стрелки	<b>M03</b> – вращение шпинделя по часовой стрелке
<b>G04</b> – пауза	<b>M04</b> – вращение шпинделя против часовой стрелки
<b>G17</b> – выбор плоскости XY	<b>M05</b> – останов шпинделя
<b>G18</b> – выбор плоскости XZ	<b>M06</b> – смена инструмента
<b>G19</b> – выбор плоскости YZ	<b>M07</b> – включение охлаждения
<b>G40</b> – отмена коррекции на радиус инструмента	<b>M08</b> – включение охлаждения № 1
<b>G41</b> – левая коррекция на радиус инструмента	<b>M09</b> – отключение охлаждения
<b>G42</b> – правая коррекция на радиус инструмента	<b>M10</b> – зажим
<b>G71</b> – ввод метрических данных	
<b>G80</b> – отмена постоянного цикла	
<b>G81</b> – стандартный цикл сверления	
<b>G82</b> – сверление с выдержкой	
<b>G84</b> – цикл нарезания резьбы	
<b>G85</b> – стандартный цикл растачивания	
<b>G90</b> – режим абсолютного позиционирования	
<b>G91</b> – режим относительного позиционирования	
<b>G94</b> – скорость подачи в дюймах/миллиметрах в минуту	
<b>G95</b> – скорость подачи в дюймах/миллиметрах на оборот	

«Например, оператор станка может произвести верификацию УП или выбрать требуемый постоянный цикл при помощи специальных пиктограмм и вставить его в код управляющей программы. Программирование при помощи CAD/CAM-системы программирования позволяет поднять процесс написания программ обработки на более высокий уровень. Работая с CAD/CAM-системой, технолог-программист избавляет себя от трудоемких математических расчетов и получает инструменты, значительно повышающие скорость написания управляющих программ. Управляющая программа состоит из последовательности кадров и обычно начинается с символа начала программы (%) и заканчивается M02 или M30. Каждый кадр программы представляет собой один шаг обработки и (в зависимости от УЧПУ) может начинаться с номера кадра, а заканчиваться символом «конец кадра». Кадр управляющей программы состоит из операторов в форме слов (G91, M30, X10 и т. д.). Слово состоит из символа адреса и цифры, представляющего арифметическое значение. Адреса X, Y, Z, U, V, W, P, Q, R, A, B, C, D, E являются размерными перемещениями, используют для обозначения координатных осей, вдоль которых осуществляются перемещения. Слова, описывающие перемещения, могут иметь знак (+) или (-). При отсутствии знака перемещение считается положительным» [11].

### **Вопросы для контроля**

1. Какие типы ошибок могут возникнуть при программировании ЧПУ HAAS?
2. Какие меры безопасности следует соблюдать при работе с ЧПУ HAAS?
3. Какие типы условных операторов поддерживает ЧПУ HAAS?
4. Какие операции доступны для работы с массивами в ЧПУ HAAS?
5. Какие функции доступны для работы со строками в ЧПУ HAAS?
6. Какие команды используются для управления выводом и вводом в ЧПУ HAAS?
7. Какие методы отладки и тестирования доступны в ЧПУ HAAS?
8. Какие функции доступны для работы с математическими операциями в ЧПУ HAAS?

9. Какие функции управления временем доступны в ЧПУ HAAS?
10. Какие команды используются для работы с логическими операторами в ЧПУ HAAS?

### **Практическая работа 3** **Работа в режиме MDI**

**Форма проведения** – практическое занятие.

**Цель** – получить навыки работы на стойке ЧПУ HAAS в режиме MDI.

**Задача** – выполнить программную обработку движений станка в MDI режиме при помощи стойки ЧПУ HAAS.

#### **Программа работы**

1. Включить стойку клавишей **POWER ON** (рис. 4, кнопка А).
2. Нажатием клавиши **MDI** (рис. 4, кнопка В) переходим в меню редактирования программы (рис. 5).
3. Программируем движения инструмента согласно варианту (см. таблицу) при помощи встроенной клавиатуры (рис. 4, кнопка С).
4. Пройти полный цикл программы нажатием клавиши **CYCLE START** (рис. 4, кнопка D).
5. Выполнить работу согласно варианту задания.

#### **Варианты заданий**

Вариант	№ инструмента	Ускоренное перемещение	Рабочий ход	Подача
1	1	X-120	Y-20	150
2	2	Y-50	X-10	180
3	3	X-175	X-150	160
4	4	Y-190	Y-180	100



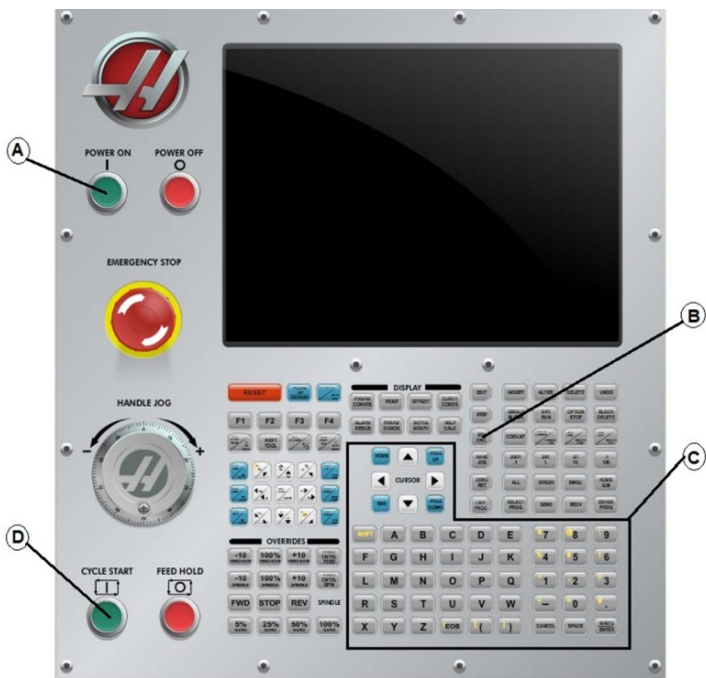


Рис. 4. Управляющая панель стойки ЧПУ HAAS

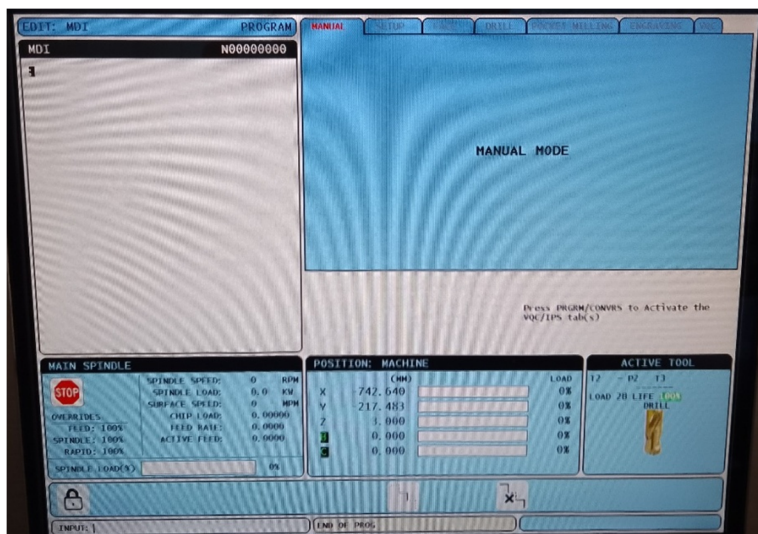


Рис. 5. Меню режима ввода ручных команд

### Пример готовой программы

T04 M06;  
G00 X-200;  
G01 Y-100 F200 G91;

Для обнуления осей станка на стойке HAAS выполните следующие шаги.

Убедитесь, что станок включен и находится в режиме ручного управления (MDI mode).

На панели управления станка найдите кнопку **ZERO RETURN** или **ZERO ALL**. Эта кнопка обозначает обнуление всех осей станка.

Нажмите на кнопку **ZERO RETURN** или **ZERO ALL**. Станок выполнит обнуление осей, возвращая их в исходное положение.

Подождите, пока станок завершит процесс обнуления осей. Обычно это занимает несколько секунд.

После завершения обнуления осей станка убедитесь, что все оси находятся в исходном положении, а индикаторы на панели управления показывают нулевые значения.

Обнуление осей станка на стойке HAAS позволяет установить точное начальное положение осей для последующих операций обработки.

### Вопросы для контроля

1. Какие типы ошибок могут возникнуть при программировании ЧПУ HAAS?
2. Какие меры безопасности следует соблюдать при работе с ЧПУ HAAS?
3. Какие типы условных операторов поддерживает ЧПУ HAAS?
4. Какие операции доступны для работы с массивами в ЧПУ HAAS?
5. Какие функции доступны для работы со строками в ЧПУ HAAS?
6. Какие команды используются для управления выводом и вводом в ЧПУ HAAS?
7. Какие методы отладки и тестирования доступны в ЧПУ HAAS?
8. Какие функции доступны для работы с математическими операциями в ЧПУ HAAS?
9. Какие функции управления временем доступны в ЧПУ HAAS?
10. Какие команды используются для работы с логическими операторами в ЧПУ HAAS?

## Тема 1.5. Система интуитивного программирования (IPS)

Программное обеспечение «интуитивная система программирования» (СИП), не входящее в стандартный объем поставки, упрощает разработку полноценных программ ЧПУ.

Для входа в меню IPS (СИП) нажмите **MDI/DNC (РВД/ГЧПУ)**, а затем **PROGRAM CONVRS**. Для перемещения по меню используйте левую и правую клавиши курсора. Для выбора меню нажмите **WRITE/ENTER** (запись/ввод). Некоторые меню имеют подменю, где для выбора подменю снова используются левые и правые клавиши курсора и Enter (ввод). Для перемещения по переменным используйте клавиши курсора. Наберите переменную на вспомогательной клавиатуре и нажмите клавишу **WRITE/ENTER** (запись/ввод).

Для выхода из меню нажмите **CANCEL** (отмена). Для выхода из меню СИП нажмите любую из клавиш дисплея Display. Для возврата в меню СИП нажмите **PROGRM CONVRS** в режиме **MDI/DNC (РВД/ГЧПУ)**.

Обратите внимание на то, что программа, введенная через меню СИП, также доступна в режиме MDI (ручного ввода данных).

### Автоматический режим

Коррекция на инструмент и рабочее смещение должны быть заданы до запуска автоматической работы. На экране Setup (настройки) введите значения для каждого используемого инструмента. Коррекция на инструмент будет доступна при вызове инструмента для автоматической работы.

На каждом из следующих интерактивных экранов пользователю будет предложено ввести данные, необходимые для завершения обычных задач обработки. После ввода всех данных и нажатия **CYCLE START** (запуск цикла) начнется процесс обработки.

### Запуск программы в режиме «Процесс обработки»

Запуск осуществляется в следующей последовательности.

1. Задайте начало координат детали.

Это можно сделать при помощи одного из трех методов.

- Выбор точки.
- Толчковая подача.
- Ввод координат.

Для выделения точки используются маховичок толчковой подачи или кнопки со стрелками; для назначения выделенной точки в качестве начала координат нажмите **ENTER** (ввод). Это используется для задания информации координат детали для заготовки.

## 2. Цепочка/Группа.

На этом этапе обнаруживается геометрия контуров. Функция автоматического формирования цепочки обнаружит большую часть геометрии детали. Если геометрия сложная и есть ветвление, будет выдано приглашение, чтобы оператор мог выбрать одну из ветвей. После выбора варианта ветвления автоматическое формирование цепочки продолжится. Аналогичные отверстия группируются для операций нарезания резьбы метчиком и/или сверления.

Для выбора исходной точки траектории инструмента используйте маховичок толчковой подачи или кнопки со стрелкой. Нажмите **F2**, чтобы открыть диалоговое окно. Выберите вариант, который наилучшим образом подходит нужному приложению. Функция автоматического формирования цепочки обычно является наилучшим выбором, поскольку она автоматически построит траекторию инструмента для элемента детали. Нажмите **ENTER**. При этом изменится цвет этого элемента детали и будет добавлена группа в регистр в разделе Current group (текущая группа) с левой стороны окна.

### **Выбор траектории инструмента**

На этом этапе к конкретной сформированной группе применяется операция задания траектории инструмента. Выберите группу и нажмите **F3** для выбора траектории инструмента. С помощью маховичка толчковой подачи разделите пополам кромку элемента детали, эта точка будет использоваться как точка врезания инструмента. После выбора траектории инструмента отобразится шаблон системы интуитивного программирования (СИП) для этой траектории.

Большинство шаблонов СИП заполнено приемлемыми значениями по умолчанию. Они получены на основании заданных инструментов и материалов.

Когда шаблон готов, нажмите **F4** для сохранения траектории инструмента: или добавьте фрагмент кода G СИП в имеющуюся программу, или создайте новую программу. Нажмите **EDIT** (редак-

тировать) для возврата к функции импорта DXF для создания следующей траектории инструмента.

### Программирование

Редактирование позволяет пользователю редактировать программы при помощи всплывающих меню.

Нажмите клавишу **EDIT** (редактирование) для входа в режим редактирования. Имеются два окна редактирования: окно активной программы и окно неактивной программы. Переключение между двумя окнами осуществляется нажатием клавиши **EDIT** (редактирование).

Для редактирования программы введите имя программы (Opnnnn) и нажмите клавишу **SELECT PROG** (выбор программы), программа откроется в активном окне. Нажатие клавиши **F4** открывает копию программы в окне неактивной программы, если в нем нет другой программы. Дополнительно можно выбрать другую программу в панели неактивной программы, нажав **SELECT PROG** (выбор программы) из панели неактивной программы и выбрав программу из списка. Нажмите **F4** для обмена программ между двумя окнами (сделайте активную программу неактивной и наоборот). Для перемещений по тексту программы используйте рукоятку ручного управления и клавиши со стрелками вверх/вниз.

Нажмите **F1** для осуществления доступа к PopUp Menu (всплывающее меню). Используйте левую и правую клавиши курсора для выбора темы меню (**HELP** (справка), **MODIFY** (изменить), **SEARCH** (поиск), **EDIT** (редактирование), **PROGRAM** (программа)) и используйте стрелки курсора вверх/вниз или ручку толчковой передачи для выбора функции. Нажмите **ENTER** (ввод) для выполнения команд меню. Окно контекстно зависимого меню в нижней левой части предоставляет информацию о текущей выбранной функции. Для перемещения по сообщению меню используйте клавиши **Page Up/Down** (предыдущая страница/следующая страница). Это сообщение также включает список горячих клавиш, которые можно использовать для некоторых функций.

## **Меню Program (программа)**

### **Create New Program** (новая программа)

Этот пункт меню создает новую программу. Для создания новой программы введите имя программы (Onnnnn) (не существующей в каталоге программ) и нажмите клавишу **ENTER** (ввод). Горячая клавиша – **SELECT PROG** (выбор программы).

### **SELECT PROGram From List** (выбор программы из списка)

Этот пункт меню предназначен для редактирования существующей в памяти программы. При выборе этого пункта отображается список доступных программ. Список можно прокручивать с помощью клавиш курсора и рукояткой ручного управления. Нажатие клавиши **ENTER** (ввод) или **SELECT PROG** (выбрать программу) осуществляет выбор выделенной программы и ее отображение на дисплее вместо списка программ. Горячая клавиша – **SELECT PROG** (выбор программы).

### **Duplicate Active Program** (копировать активную программу)

Этот пункт меню предназначен для копирования текущей программы. Пользователю предлагается ввести номер (Onnnnn) для копии программы.

### **Delete Program From List** (удалить программу из списка)

Этот пункт меню предназначен для удаления программы из программной памяти. Горячая клавиша – **ERASE PROG** (удаление программы).

### **Обмен местами программ редактора**

Помещает активную программу в окно неактивной программы, а неактивную программу – в окно активной программы. Горячая клавиша – **F4**.

**Switch To Left Or Right Side** (переключиться на левую/правую сторону)

Осуществляется переключение между активной и неактивной программой для редактирования. Неактивная и активная программы остаются в своих окнах. Горячая клавиша – **EDIT** (редактирование).

**Меню EDIT** (редактировать)

**UNDO** (отменить)

Отменяет до 9 последних изменений. Горячая клавиша – **UNDO** (отменить предыдущее действие).

**Select Text** (выделить текст)

Этот пункт меню устанавливает начальную позицию выделяемых строк программы. Переместитесь с помощью клавиш со стрелками начала, конца, пред./след. строки или рукоятки толчковой подачи к последней выделяемой строке и нажмите клавишу **F2** или клавишу **WRITE/ENTER** (запись/ввод). Выбранный текст будет выделен. Для отмены выделения блока нажмите клавишу **UNDO** (отменить). Горячая клавиша **F2** – для начала выделения, **F2** или **WRITE** (запись) – для окончания выделения.

**Move Selected Text** (переместить текст)

Эта функция работает совместно с функцией «выделить текст». Для перемещения выделенного текста в новое положение установите курсор в нужное место и нажмите клавишу **WRITE/ENTER** (ввод). Выделенный текст будет перемещен в позицию после курсора ()).

**Copy Selected Text** (копировать текст)

Выделите часть текста, как это описано выше, и нажмите клавишу **WRITE/ENTER** (ввод). Выбранный текст будет выделен. Переместите курсор в позицию вставки копии текста. Нажмите клавишу **F2** или клавишу **WRITE/ENTER** (запись/ввод) для вставки выбранного текста в позицию после курсора ()). Горячая клавиша – Выберите текст, наведите курсор и нажмите **WRITE** (запись).

**Delete Selected Text** (удалить текст)

Выделите часть текста, как это описано выше, и нажмите клавишу **WRITE/ENTER** (ввод). Выбранный текст будет выделен. Нажмите клавишу **WRITE/ENTER** (ввод) для удаления выделенного текста. Если блок не выбран, будет удален выделенный элемент.

**Cut Selection To Clipboard** (вырезать в буфер обмена)

Перемещает весь выделенный текст из текущей программы в новую программу, называемую буфером обмена. Текст, находившийся до этого в буфере обмена, удаляется.

### **Copy Selection To Clipboard** (копировать в буфер обмена)

Копирует весь выделенный текст из текущей программы в новую программу, называемую буфером обмена. Текст, находившийся до этого в буфере обмена, удаляется.

### **Вставить из буфера**

Содержимое буфера обмена вставляется в текущую программу в строке, следующей за курсором.

### **Меню Search** (поиск)

#### **Find Text** (найти текст)

Этот пункт меню предназначен для поиска текста или программного кода в текущей программе.

#### **Find Again** (найти далее)

Этот пункт меню предназначен для поиска следующего вхождения этого же текста или программного кода.

#### **Find And Replace Text** (найти и заменить текст)

Этот пункт меню предназначен для поиска в текущей программе конкретного текста или программного кода с предоставлением возможности замены каждого вхождения (или сразу всех) другим G-кодом.

### **Меню Modify** (изменить)

#### **Remove All Line Numbers** (удалить номера строк)

Этот пункт меню автоматически удаляет из текущей программы все N-коды (номера строк).

При выделении группы строк удаление номеров производится только у выделенных строк.

#### **Renumber All Lines** (перенумеровать строки)

Этот пункт меню перенумеровывает все выделенные блоки программы или, в случае выделения группы строк, перенумеровывает выделенные строки.

#### **Renumber By Tool** (перенумеровать по инструментам)

Этот пункт меню производит поиск T-кодов (инструмент), выделяет блок программы до следующего T-кода и перенумеровывает N-коды (номера строк) в пределах выделения.



### **Reverse + & – Signs** (замена «+» и «-»)

Этот пункт меню производит замену знака числовых значений на противоположный. Для запуска процесса нажмите клавишу **ENTER** (ввод) и укажите ось (X, Y, Z и т. д.), в отношении которой следует выполнить замену знаков.

При использовании этой функции будьте внимательны, если ваша программа содержит G10 или G92 (смотрите описание в разделе о G-кодах).

### **Reverse X & Y** (заменить X и Y)

Эта функция производит замену кодов адреса X на коды адреса Y, а Y – на X.

### **Другие клавиши**

Клавиша **INSERT** (вставить) может использоваться для копирования выделенного текста в позицию после курсора.

Клавишу **ALTER** (изменить) можно использовать для перемещения выделенного текста в программе в строку в позиции после стрелки курсора.

Клавиша **DELETE** (удалить) может использоваться для удаления выделенного текста.

Если был выбран блок, при нажатии **UNDO** (отмена) просто произойдет выход из режима определения блока.

### **Пример работы с блоком клавиш INSERT.**

Нажимаем [**INSERT**]. Вводите текст из строки ввода или буфера обмена в программу в позиции курсора.

Активируем **Изменить** [**ALTER**]. Выполняется замена выделенной команды или текста текстом из строки ввода или буфера обмена.

Активируем **Удалить** [**DELETE**]. Удаляется элемент в позиции курсора или удаляет выбранный блок программы.

### **Пример работы с паллетой станка с ЧПУ посредством блока клавиш INSERT.**

Клавиша **ALTER** загружает паллету и выбранную программу.

После загрузки паллеты можно нажать клавишу **INSERT** для запуска управляющей программы.

Клавиша **F2** изменяет статус паллеты на запланированный и добавляет в столбец «Порядок загрузки» следующий доступный

порядковый номер. Например, номер 2, если это вторая запланированная паллета.

Далее работа повторяется, если выбрана другая паллета и выбрана другая программа.

### **Тема 1.6. Функции макросов FANUC, не включенные в систему управления ЧПУ**

В этом разделе приведены функции макропрограмм FANUC, отсутствующие в системе управления HAAS.

<b>Совмещение имени M заменяет G65 Pnnnn на Mnn PROGS 9020-9029</b>	
G66	Модальный вызов в каждом блоке перемещения
G66.1	Модальный вызов в каждом блоке перемещения
G67	Модальная отмена
M98	Совмещение имени, T-код программа 9000, переменная #149, бит разрешения
M98	Совмещение имени, S-код программа 9029, переменная #147, бит разрешения
M98	Совмещение имени, B-код программа 9028, переменная #146, бит разрешения
ПРОПУСК/N	N = 1...9
#3007	Флажок включения зеркального отражения по каждой оси
#4201-#4320	Модальные данные текущего блока
#5101-#5106	Текущее отклонение сервопривода
<b>Имена переменных для отображения</b>	
ATAN [ ]/[ ]	Арктангенс, версия FANUC
BIN [ ]	Преобразование из BCD (двоично-десятичного кода) в BIN (двоичный)
BCD [ ]	Преобразование из BIN (двоичного кода) в BCD (двоично-десятичный)
FUP [ ]	Отбрасывание младших разрядов
LN [ ]	Натуральный логарифм
EXP [ ]	Возведение в степень с основанием E
ADP [ ]	Перемасштабирование переменной до целого числа

Описанные ниже альтернативные способы можно использовать для получения тех же результатов вместо некоторых отсутствующих макрофункций FANUC.

### **Визуальные быстрые коды**

Для запуска Visual Quick Code (VQC) (визуального быстрого кода, ВБК) нажмите **MDI/DNC (РВД/ГЧПУ)**, а затем нажмите **PROGRM CONVRS**. Выберите ВБК из меню со вкладками.

### **Выбор категории**

При помощи клавиш со стрелками выберите категорию, под описание которой подходит обрабатываемая деталь, и нажмите клавишу **WRITE** (запись). На дисплее появится набор рисунков, соответствующих этой категории.

### **Выбор шаблона**

При помощи клавиш со стрелками выберите подходящий шаблон. После нажатия клавиши **WRITE** (запись) на дисплее отобразится контур детали, и ЧПУ будет ожидать ввода данных, необходимых для выполнения обработки.

### **Ввод данных**

ЧПУ запросит ввести данные, характеризующие деталь. После ввода данных ЧПУ запросит определить место для вставки сгенерированных G-кодов: **Select/Create a Program** (выбрать/создать программу).

Отростается окно, предлагающее пользователю выбрать имя программы. Выберите нужное имя и нажмите клавишу **WRITE** (запись). В результате в указанную программу будут добавлены новые строки кодов. Если программа уже существует, VQC введет новые строки в самое начало программы. Пользователь имеет возможность создать новую программу, указав ее имя и нажав клавишу **WRITE** (запись). В этом случае строки кода будут добавлены к новой программе.

1. **Add to Current Program** (добавить к текущей программе) — код, сгенерированный VQC, будет добавлен в позицию ниже курсора.

2. **MDI** (ручной ввод данных) — код будет выведен в область ручного ввода данных. *Примечание:* текущее содержимое области ручного ввода данных будет затерто.

Cancel (отмена) — окно будет закрыто и на экране отобразятся программные значения.

### **Подпрограммы**

Подпрограммы обычно представляют собой последовательности команд, которые повторяются в программе несколько раз. Вместо повторения этих команд много раз в главной программе пишут отдельную подпрограмму. В основной программе есть одна команда, которая вызывает подпрограмму. Подпрограмма вызывается при помощи M97 и адреса P. P-код совпадает с порядковым номером (Oппппп) вызываемой подпрограммы, который находится после M30. Подпрограмма вызывается при помощи M98 и адреса P. P-адрес с M98 составляют номер программы.

Фиксированные циклы представляют собой самый распространенный пример использования подпрограммы. Положения X и Y отверстий помещаются в отдельной программе, а затем вызываются. Вместо записывания положений X и Y для каждого инструмента отдельно они записываются один раз для любого количества инструментов.

Подпрограммы могут включать в себя L, или счетчик повторов. При наличии L вызов подпрограммы повторяется это количество раз, прежде чем главная программа перейдет к следующему блоку.

### **Внешняя подпрограмма**

Внешняя подпрограмма — это отдельная программа, к которой несколько раз обращается основная программа. Локальные подпрограммы запускаются (вызываются) при помощи M98 и Pnnnnn, который отсылает к номеру программы подпрограммы.

### **Пример локальной подпрограммы**

«Локальная подпрограмма — это блок кода в главной программе, к которому главная программа обращается несколько раз. Локальные подпрограммы запускаются (вызываются) при помощи M97 и Pnnnnn, который отсылает к номеру строки N локальной подпрограммы» [8].

«Формат локальной подпрограммы подразумевает завершение главной программы при помощи M30, а затем ввод локальных подпрограмм после M30. Каждая локальная подпрограмма должна

иметь номер строки N в начале и M99 в конце, который отошлет программу обратно к следующей строке в главной программе» [8].

**Пример локальной подпрограммы O00104** (локальная подпрограмма с M97) T1 M06  
 G90 G54 G00 X1.5 Y-0.5 S1406 M03  
 G43 H01 Z1. M08  
 G81 G99 Z-0.26 R0.1 F7.  
 M97 P1000 (вызов локальной подпрограммы в строке N1000) T2 M06  
 G90 G54 G00 X1.5 Y-0.5 S2082 M03  
 G43 H02 Z1. M08  
 G83 G99 Z-.75 Q0.2 R0.1 F12.5  
 M97 P1000 (вызов локальной подпрограммы в строке N1000) T3 M06  
 G90 G54 G00 X1.5 Y-0.5 S750  
 G43 H03 Z1. M08  
 G84 G99 Z-.6 R0.1 F37.5  
 M97 P1000 (вызов локальной подпрограммы в строке N1000) G53  
 G49 Y0.  
 M30 (закончить программу)  
 N1000 (начало локальной подпрограммы)  
 X.5 Y-.75 Y-2.25  
 G98 X1.5 Y-2.5 G99 X3.5  
 X4.5 Y-2.25 Y-.75  
 X3.5 Y-.5  
 G80 G00 Z1.0 M09 G53 G49 Z0. M05 M99

#### Примеры подпрограмм стандартных циклов

	Подпрограмма
O1234 (Пример подпрограммы фиксированного цикла)	O1000 (X, Y
T1 M06	Расположение
G90 G54 G00 X.565 Y-1.875 S1275 M03	X 1.115 Y-2.750
G43 H01 Z.1 M08	X 3.365 Y-2.875
G82 Z-.175 P03 R.1 F10.	X 4.188 Y-3.313
M98 P1000	X 5.0 Y-4.0
G80 G00 Z1.0 M09	M99
T2 M06	

G00 G90 G54 X.565 Y-1.875 S2500 M03

G43 H02 Z.1 M08

G83 Z-.720 Q.175 R.1 F15.

M98 P1000

G00 G80 Z1.0 M09

T3 M06

G00 G90 G54 X.565 Y-1.875 S900 M03

G43 H03 Z.2 M08

G84 Z-.600 R.2 F56.25

M98 P1000

G80 G00 Z1.0 M09

### **Подпрограммы при нескольких точках крепления**

«Подпрограммы полезны для обработки одной и той же детали в разных положениях X и Y в станке. Например, на столе установлено шесть тисков. Для каждого тиска будет использоваться новый ноль по X, Y. Программа обращается к ним при помощи коррекции детали G54–G59. Пользуйтесь искателем краев или индикатором, чтобы установить нулевую точку для каждой детали. Используйте ключ установки нуля детали на странице коррекций рабочих координат для записи каждого положения X, Y. После установки нулевого положения X, Y для каждой детали на странице коррекций можно начинать программирование» [8].

Рассмотрим пример. Пусть главная программа будет обозначена названием O2000. Подпрограмму обозначим наименованием O3000. В процессе отработки управляющей программы ЧПУ будет выполняться последовательность команд главной программы. Однако при обращении O3000 в кадре главной программы система автоматически переходит к отработке кадров подпрограммы. Затем происходит возврат к исходному кадру главной программы, с которого выполнялось обращение O3000 к подпрограмме – и затем переход к следующему кадру главной программы.

Главная программа	Подпрограмма
O2000	O3000
T1 M06	X0 Y0
G00 G90 G54 X0 Y0 S1500 M03	G83 Z-1.0 Q.2 R.1 F15. G43
H01 Z.1 M08	G00 G80 Z.2
M98 P3000	M99
G55	
M98 P3000 G56	
M98 P3000 G57	
M98 P3000 G58	
M98 P3000G59 M98 P3000 G00 Z1.0 M09 G28 G91 Y0 Z0 M30	

На рис. 6 показан вид настройки на столе станка. Например, каждую из этих шести деталей необходимо просверлить в центре, в нуле X и Y.

### Программирование 4-й и 5-й осей

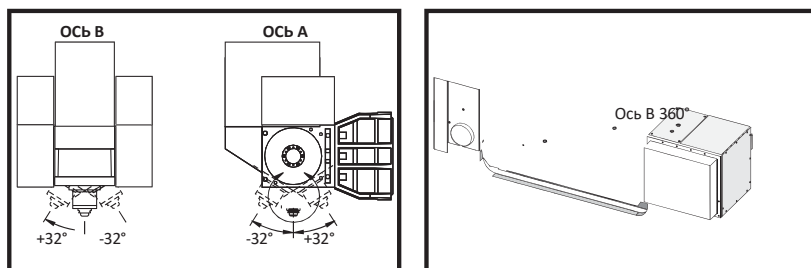


Рис. 6. Движение осей на фрезерном станке VR-11 и HAAS TRT 210

### Создание пятикоординатных программ

Большинство пятимерных программ довольно сложны, и их следует писать при помощи пакета CAD/CAM. Необходимо определить длину рычага и расчетную длину станка и ввести их в эти программы.

У каждого станка своя длина рычага. Это расстояние от центра вращения головки шпинделя до нижней поверхности универсальной инструментальной оправки. Длину рычага можно найти в Параметре настройки 116, а также она выгравирована на универсальной

инструментальной оправке, поставляемой с 5-осными станками (рис. 7).

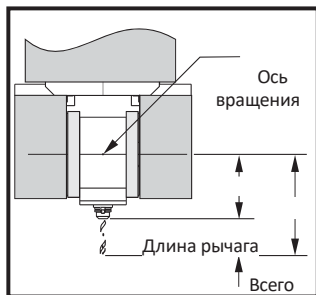


Рис. 7. Определение длины рычага

При настройке программы необходимо определить измерительную длину для каждого инструмента. Измерительная длина — это расстояние от нижнего фланца универсальной инструментальной оправки до режущей кромки инструмента. Это расстояние можно вычислить, расположив на столе индикатор на магнитном основании для измерения нижней поверхности универсального резцедержателя и задав эту точку в качестве Z0 в системе управления. Затем вставьте каждый инструмент и вычислите расстояние от режущей кромки инструмента до Z0. Это и будет измерительная база.

Полная база — это расстояние от центра вращения шпиндельной головки до режущей кромки инструмента. Ее можно вычислить, сложив измерительную базу и разводную базу. Это число вводится в программу CAD/CAM, которая его использует в вычислениях.

### Смещения

Окно рабочих коррекций можно вывести в окне коррекций нажатием клавиши **PAGE UP** (страница вверх). Коррекции от G54 до G59 или от G110 до G129 можно задавать при помощи клавиши **PART ZERO SET** (установка нуля детали). Установите оси в начало координат детали для обрабатываемой детали. При помощи курсора выберите нужную ось и рабочий номер. Нажмите клавишу **PART ZERO SET** (установка нуля детали), и текущее положение станка будет автоматически сохранено в данном адресе. Это работает только при выбранном окне рабочих коррекций нуля. Обратите внима-



ние, что ввод ненулевой рабочей коррекции Z повлияет на работу коррекции на длину инструмента, введенной автоматически.

Рабочие координаты обычно вводятся в виде положительных чисел. Рабочие координаты вводятся в таблицу только в виде чисел. Чтобы ввести значение X, равное X2.00, в G54, переместите курсор в столбец X и введите 2.0.

### **Примечания по программированию для пяти осей**

Использование строгой синхронизации в ущерб разрешению в геометрии в системе CAD/CAM позволит выполнять плавные протекаемые контуры и более точную обработку детали.

Расположение станка по вектору подхода следует выполнять только на безопасном расстоянии сверху или сбоку от детали. В режиме ускоренного перемещения оси придут в запрограммированное положение в разное время: оси, расположенные на меньшем расстоянии от заданного положения, придут первыми, а расположенные на большем расстоянии – последними. Высокая скорость подачи заставит оси прийти в заданное положение одновременно, избегая возможного столкновения.

### **G-коды**

Программирование пятой оси не зависит от выбора дюймов (G20) или метрических единиц (G21); оси A и B всегда программируются в градусах.

Для одновременного движения по пяти осям должна действовать инверсия времени G93. В режиме G93 максимальная скорость подачи будет включать сочетание движения всех осей в одном блоке кода. Этот предел задается системой управления и контролирует шаги шифратора, программируемые для всех осей в блоке кода.

Если возможно, ограничьте постпроцессор (программное обеспечение САПР/САП); максимальная скорость в режиме G93 составляет 32 градуса в минуту. Это приведет к более плавному движению, что может быть необходимо при веерной обработке наклонных стенок.

## **М-коды**

**Внимание!** Настоятельно рекомендуется, чтобы тормоза А/В были приведены в действие при выполнении любых не связанных с 5-й осью перемещений. Обработка с отключенными тормозами может привести к чрезмерному износу редукторов.

«M10/M11 включает/выключает тормоз оси А – M12/M13 включает/выключает тормоз оси В» [8].

«При обработке по 4-й или 5-й оси станок будет делать паузу между блоками. Эта пауза нужна для отпускания тормоза оси А и/или В. Чтобы избежать этой задержки и обеспечить более плавную работу станка, программируйте M11 и/или M13 непосредственно перед G93. М-коды отпустят тормоза, что приведет к более плавному движению и непрерывному ходу перемещения. Помните, что если тормоза не будут повторно включены, то они будут оставаться выключенными неограниченное время» [8].

## **Настройки**

Для программирования 4-й и 5-й осей используется несколько параметров настройки. См. настройки 30, 34 и 48 для 4-й оси и 78, 79 и 80 для 5-й оси.

Параметр настройки 85 следует установить на .0500 для обработки по 5-й оси. Значения параметра ниже .0500 приведут к перемещению станка ближе к конкретной остановке и вызовут неравномерное движение.

Для замедления оси можно также использовать в программе G187.

**Внимание!** При обработке в режиме пяти осей может возникать неправильное расположение и увеличение длины хода, если коррекция на длину инструмента (H-code) не отменена. Чтобы избежать этой проблемы, используйте G90 G40, H00 и G49 в первых блоках после смены инструмента. Эта проблема может возникать при смешивании программирования для трех и пяти осей, перезапуске программы или запуске нового задания, если коррекция на длину инструмента по-прежнему действует.

### **Скорости подачи**

Скорость подачи должна быть задана командой для каждой строки кода 4-й и/или 5-й оси. При сверлении скорость подачи должна быть в пределах 75 дюймов в минуту. Рекомендуемая скорость подачи для чистовой 3-осевой обработки не должна превышать 50–60 дюйм/мин с припуском для каждой чистовой операции не менее .0500» или .0750».

Ускоренные перемещения не разрешаются; ускоренные перемещения, входящие в отверстия и выходящие из них (цикл сверления с выводом), не поддерживаются.

При программировании одновременного движения по 5 осям требуется меньший допуск по материалу и допустимы более высокие скорости подачи. В зависимости от чистового допуска, длины резца и типа обрабатываемого профиля могут быть возможны более высокие скорости подачи.

Например, при обработке литых линий или длинных обтекаемых контуров скорости подачи могут превышать 100 дюймов в минуту.

### **Подвод 4-й и 5-й оси**

Подвод вручную для пятой оси во всех отношениях аналогичен подводу для всех остальных осей. Исключением является способ выбора подвода между осью А и осью В.

По умолчанию при нажатии клавиш +А и –А для толчковой подачи выбирается ось А. Ось В можно выбрать для толчковой подачи нажатием кнопки **SHIFT**, а затем клавиши +А или –А.

ЕС-300. В режиме толчковой подачи отображается А1 и А2, используйте **А** для толчковой подачи А1 и **SHIFT + А** для толчковой подачи А2.

### **ЕС-300: использование спутников и 4-й оси**

Поворотный стол в зоне обработки всегда рассматривается и управляется как ось А. Ось поворотного стола на спутнике 1 обозначается А1, а ось на спутнике 2 – А2. Примеры использования:  
– для ручной подачи оси А1 введите А1 и нажмите **HAND JOG** (толчковая подача);

- для толчковой подачи с помощью клавиш используйте клавиши толчковой подачи **+/-A** для оси A1 и кнопки **+/-B** для оси A2;
- для возврата в нулевую точку оси A на спутнике #2 введите A2 и нажмите **ZERO SINGL AXIS** (обнулить одну ось).

### **Функция зеркального отражения**

Если для зеркального отражения оси A используется G101, то зеркальное отражение включается для обеих осей A. Когда спутник #1 находится в зоне обработки, в нижней части экрана показывается индикация A1-MIR. Когда спутник #2 находится в станке, показывается A2-MIR. Настройки зеркального отражения имеют разное поведение. Если настройка 48 Mirror Image A-Axis (зеркальная обработка по оси A) включена (ON), то зеркалируется только ось A спутника 1 и показывается индикация A1-MIR.

Если настройка 80 (бит 20 MAP 4TH AXIS параметра 315 установлен на 1, название настройки 80 такое же, как у настройки 48 – Mirror Image A-Axis (зеркальное отражение по оси A)) включена (ON), включается отражение по оси A для спутника #2. Когда спутник #2 находится во фрезерном станке, показывается индикация A2-MIR.

### **Процедура восстановления после удара**

В случае аварийной остановки станка во время обработки пяти-осевой детали часто может быть трудно отвести инструмент от детали вследствие используемых углов. Запрещается немедленно нажимать кнопку RECOVER (восстановить) или выключать питание. Для восстановления после аварийной остановки, при которой шпиндель останавливается при режущем положении инструмента, отведите шпиндель при помощи функции **VECTOR JOG** (векторный подвод). Для этого нажмите букву **V** на вспомогательной клавиатуре, нажмите **HANDLE JOG** (толчковая подача) и пользуйтесь маховичком толчковой подачи для перемещения по оси. Эта функция допускает движение вдоль любой оси, определяемой осью A и/или B.

Функция **VECTOR JOG** (векторный подвод) предназначена для того, чтобы дать оператору возможность освободить режущий инструмент в аварийной ситуации после аварийной остановки.

В векторном режиме толчковой подачи код G28 недоступен; он доступен только для X, Y, Z, A и B при выборе одной оси.

При потере питания во время резания векторная толчковая подача не работает, так как для системы управления требуется опорное положение. Потребуются другие способы освобождения инструмента от детали.

Если при ударе инструмент находится не в положении резания, нажмите кнопку **RECOVER** (восстановить) и отвечайте на вопросы, предлагаемые на экране. При нажатии кнопки **RECOVER** (восстановить) головка шпинделя для отвода инструмента одновременно перемещается по осям A, B и Z. Если инструмент в режущем положении под углом, он сломается при нажатии этой клавиши.

### **Установка дополнительной четвертой оси**

При дополнении токарного станка HAAS вращающимся столом измените параметры настройки 30 и 34 на необходимые для данного поворотного стола и диаметра используемой в данный момент детали. *Предупреждение:* если не установить правильное значение щеточного или бесщеточного параметра настройки в соответствии с действительным изделием, установленном на токарном станке, это может привести к повреждению двигателя. В данном параметре настройки B означает поворотное устройство с бесщеточным приводом. Бесщеточные индексаторы имеют два кабеля от стола и два разъема на системе управления станком.

### **Параметры**

В редких случаях может потребоваться изменить некоторые параметры, чтобы получить определенные рабочие характеристики индексатора. Не делайте этого без списка подлежащих изменению параметров. (Если перечень параметров не прилагался к индексатору, то никакие изменения не нужны. НЕ ИЗМЕНЯЙТЕ ПАРАМЕТРЫ. Если это сделать, это аннулирует вашу гарантию.)

Чтобы изменить параметры для индексатора четвертой или пятой оси, выполните следующие действия. Нажмите кнопку аварийной остановки. Выключите блокировку параметров (настройка 7). Перейдите на страницу параметров настройки, нажав клавишу **SETTING** (параметр настройки). Введите 7 и нажмите стрелку кур-

сора вниз; произойдет переход к настройке 7. Установив курсор на настройке 7 при помощи кнопок курсора «вправо» или «влево», выберите **OFF** (выключено) и нажмите клавишу **WRITE** (запись), при этом блокировка параметров будет выключена. Перейдите на страницу параметров и введите номер параметра, который необходимо изменить, и нажмите кнопку перемещения курсора вниз. Введите новое значение для нового параметра и нажмите кнопку **WRITE** (запись); измените другие параметры так же. Перейдите к параметру настройки 7 и снова включите блокировку параметров. Сбросьте клавишу **E-STOP**. Верните индекса́тор в исходное положение и убедитесь, что он работает нормально, нажав **HANDLE JOG** (толчковая подача) и кнопку **A**. Подведите ось **A** при помощи ручки подвода, при этом индекса́тор должен двигаться. Проверьте правильность соотношения, пометив стол, повернув на 360 градусов, как показано на странице положения, и убедившись, что отметка в том же самом положении. Если она ближе (в пределах 10 градусов), соотношение правильное.

#### **Начальный запуск**

Включите токарный станок (и, если нужно, сервоуправление) и приведите индекса́тор в начальное положение. Все индекса́торы **HAAS** возвращаются в начальное положение по часовой стрелке, если смотреть спереди. Если индекса́тор возвращается в исходное положение против часовой стрелки, нажмите **E-STOP** (аварийная остановка) и свяжитесь со своим дилером.

#### **Установка дополнительной пятой оси**

Пятая ось устанавливается точно так же, как и четвертая ось. Параметры настройки 78 и 79 управляют 5-й осью, и ось подводится и управляется при помощи адреса **B**.

#### **Коррекция **B** на оси **A** (наклонно-поворотные столы)**

«Эта процедура определяет расстояние между плоскостью платформы оси **B** и осевой линией оси **A** на наклонно-поворотных столах. Коррекция требуется при работе с некоторыми программными продуктами САПР» [8].

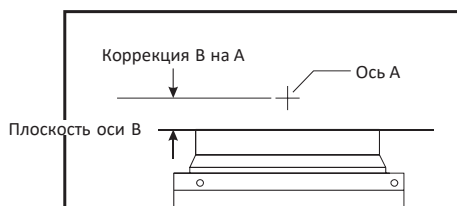


Рис. 8. К определению коррекции [8]

Для подключения режима коррекции воспользуйтесь последовательностью согласно инструкции.

«1. Вращайте ось А, пока ось В не станет вертикальной. Установите циферблатный индикатор на шпинделе станка (или другой поверхности, на которую не влияют перемещения стола) и выполните замер индикатором по торцу платформы. Обнулите индикатор» [8].

«2. Установите положение оператора оси Y на ноль (выберите положение и нажмите **ORIGIN** (исходное положение))» [8].

«3. Вращайте ось А на  $180^\circ$ » [8] (рис. 8).

«4. Далее необходимо выполнить измерение торца платформы с того же самого направления, что и первое измерение. Установите призму 1-2-3 на торец платформы и выполните замер индикатором по торцу призмы, которая прижата к торцу платформы. Переместите ось Y, чтобы призма соприкоснулась с мерительным стержнем индикатора. Выполните сброс индикатора на ноль» [8] (рис. 9).

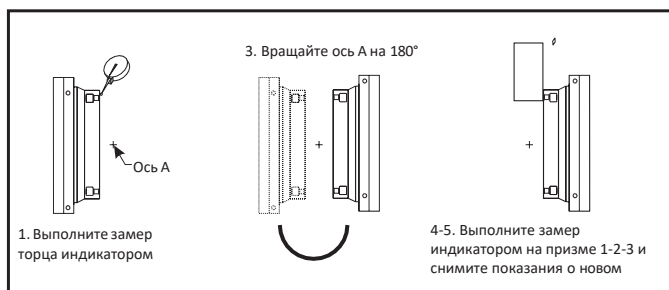


Рис. 9. Иллюстрация процедуры коррекции В на оси А [8]

«5. Считайте новое положение оси Y. Для определения значения коррекции В на оси А разделите это значение на 2» [8].

6. Установка расчетного значения коррекции.

### **Отключение осей**

Выключите настройку 30 для 4-й оси и 78 для 5-й оси, если они снимаются со станка. Не подключайте и не разъединяйте кабели при включенной системе управления. Если настройки не выключены, а узел снят, будет подаваться сигнал об ошибке.

Для отключения осей на стойке HAAS необходимо выполнить следующие шаги.

Остановите работу станка, нажав кнопку **STOP** на операционной панели.

Перейдите в режим **MANUAL** (ручной режим) на операционной панели.

На операционной панели найдите раздел **AXIS CONTROL** (управление осями) и выберите нужную ось, которую нужно отключить.

Введите команду **ZERO** (нулевое положение) для выбранной оси. Это вернет ось в нулевое положение.

Введите команду **DISABLE** (отключить) для выбранной оси. Это отключит выбранную ось и запретит ее движение.

Повторите шаги 3–5 для каждой оси, которую необходимо отключить.

Если нужно включить оси обратно, повторите шаги 3–5, но используйте команду **ENABLE** (включить) вместо **DISABLE**.

Обратите внимание, что отключение осей может повлиять на работу станка, поэтому убедитесь, что оси действительно нужно отключить, и примите все необходимые меры предосторожности.

## **Практическая работа 4 Настройка инструмента**

**Форма проведения** – практическое занятие.

**Цель** – научиться настраивать различные инструменты.

**Задача** – выполнить настройку параметров инструмента для обработки детали на станке при помощи стойки ЧПУ HAAS.



## Краткие теоретические сведения

Настройка станка с ЧПУ означает, что оборудование необходимо привести в состояние, когда оно готово к обработке детали. При этом необходимо проследить, чтобы в элементе автоматической замены инструмента были все требуемые приспособления, которые понадобятся для обработки заготовки. Также нужно убедиться, что загружена нужная программа с G-кодом.

## Характеристики инструментов

На станке применяются различные типы инструментов с определенными характеристиками:

- сверлильные инструменты – сверла различного типа для выполнения сверления;
- фрезерные инструменты – фрезы с цилиндрическим хвостовиком или соединением для шпинделей с валом для выполнения фрезеровки.

## Программа работ

1. Включить стойку клавишей **POWER O** (рис. 9, кнопка A).
2. Входим в редактор программы при помощи клавиши **MDI** (рис. 9, кнопка B).
3. Програмируем смену инструмента – T1 M06; T2 M06; T3 M06.
4. Включаем режим **SINGLE BLOCK** (рис. 9, кнопка C) для остановки программы на каждом блоке кода.
5. Заходим в экран настройки инструмента клавишей **TOOL OFFSET** (рис. 9, кнопка D).
6. При помощи клавиш курсора (рис. 9, кнопка E) переходим к настройке высоты инструмента.
7. Установить нужную высоту Z (рис. 9, кнопка A) и диаметр D (рис. 9, кнопка B).
8. Переходим на следующую страницу и устанавливаем тип инструмента **TOOL TYPE**.
9. Клавишей **CYCLE START** (рис. 9, кнопка F) при включенном режиме **SINGLE BLOCK** переходим к следующему инструменту.
10. Настраиваем три инструмента согласно варианту (см. таблицу).

### Варианты заданий

Вариант	Тип инструмента	D1	H1	Тип инструмента	D2	H2	Тип инструмента	D3	H3
1	Центровка	8	75.375	Сверло	12	90.1	Концевая фреза	6.5	1.01
2	Сверло	3	56.012	Концевая фреза	13	81.2	Метчик	8.2	2.14
3	Концевая фреза	4	47.311	Торцевая головка	14	50.6	Радиусная фреза	7.5	3.001
4	Сверло	6	106.097	Метчик	15	16.4	Радиусная фреза	14.5	111.04
5	Центровка	2	73.415	Сверло	16	5.8	Метчик	24.5	99.03
6	Торцевая головка	9	41.005	Концевая фреза	17	73.7	Радиусная фреза	6.8	14.14
7	Концевая фреза	7	113.104	Сверло	18	88.8	Торцевая головка	3.1	77.08

#### Пример готовой программы

T01 M06;

T02 M06;

T03 M06;

Для начала работ включите стойку HAAS и выберите нужную программу или создайте новую. Подготовьте инструмент. Установите необходимые параметры, такие как скорость резания, подача, глубина резания (рис. 10).

Введите команды управления инструментом в программу. Запустите программу и следите за процессом обработки. При необходимости вносите корректировки настроек инструмента в процессе работы (рис. 11).

По завершении операции выключите стойку HAAS.

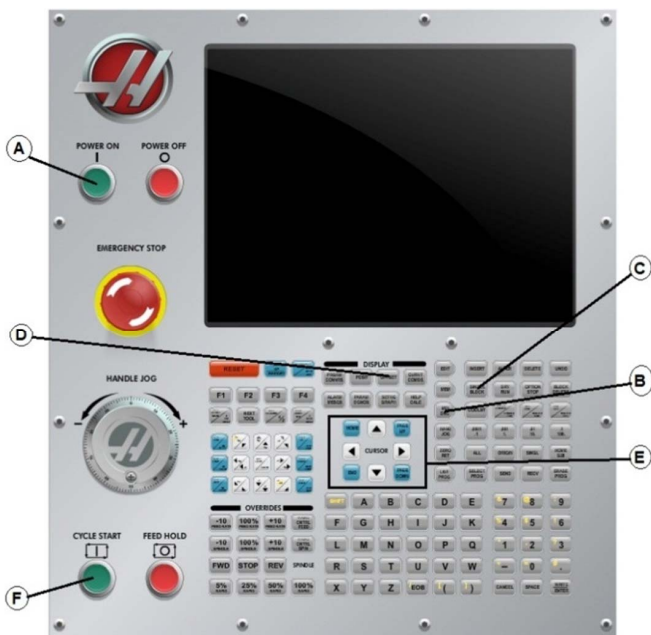


Рис. 10. Управляющая панель стойки ЧПУ HAAS

SETUP: 30G DEFSETS

MD1 N0000000

M3 M96  
T1 M95

TOOL 2		A		B	
TOOL	COOLANT	GEOMETRY	WEAR	GEOMETRY	WEAR
1	0	31.054	0.	20.000	0.
2	0	31.054	0.	13.000	0.
3	0	80.000	0.	6.000	0.
4	0	100.000	0.	12.000	0.
5	0	100.000	0.	8.000	0.
6	0	100.000	0.	12.000	0.
7	0	100.000	0.	8.000	0.
8	0	80.000	0.	10.000	0.
9	0	0.	0.	0.	0.

ENTER A VALUE

G CODE	X AXIS	Y AXIS	Z AXIS	B AXIS	C AXIS
G54	0.	0.	0.	0.	0.
G55	-100.123	-71.102	26.616	0.	0.
G56	0.020	0.	0.	0.	0.
G57	0.	0.	0.	0.	0.
G58	0.	0.	0.	0.	0.
G59	0.	0.	0.	0.	0.
G154 P1	0.	0.	0.	0.	0.
G154 P2	0.	0.	0.	0.	0.
G154 P3	0.	0.	0.	0.	0.

MAIN SPINDLE

**STOP**

SPINDLE SPEED: 0 RPM  
SPINDLE LOAD: 0.0 kW  
SURFACE SPEED: 0 MPM  
CHD LOAD: 0.0000

OVERRIDES  
FEED: 100%  
SPINDLE: 100%  
RAPID: 100%

SPINDLE LOAD(%) 0%

POSITION: (MM) JOG RATE: 1.000

	OPERATOR	WORK	G54	MACHINE	DIST TO GO
X	742.640	-642.517	-742.640	0.000	0.000
Y	-217.483	-146.381	-217.483	0.000	0.000
Z	3.000	23.616	3.000	0.000	0.000
I	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
J	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

INPUT: |

Рис. 11. Панель стойки ЧПУ HAAS

### Вопросы для контроля

1. Какие функции для работы с датами и временем доступны в ЧПУ НААС?
2. Какие функции управления памятью доступны в ЧПУ НААС?
3. Какие команды используются для работы с сетью и Интернетом в ЧПУ НААС?
4. Какие структуры данных поддерживает ЧПУ НААС?
5. Какие функции доступны для работы с базами данных в ЧПУ НААС?
6. Какие операции доступны для работы с файловой системой в ЧПУ НААС?
7. Какие функции доступны для работы с графическими элементами в ЧПУ НААС?
8. Какие инструменты доступны для создания пользовательских интерфейсов в ЧПУ НААС?
9. Какие функции доступны для работы с шифрованием и защитой данных в ЧПУ НААС?
10. Какие функции доступны для работы с аппаратным обеспечением в ЧПУ НААС?

## Модуль 2. G-КОДЫ (ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ)

### Тема 2.1. Основные группы G-кодов

#### «G00 ускоренное перемещение (группа 01)

X	Необязательная команда перемещения по оси X
Y	Необязательная команда перемещения по оси Y
Z	Необязательная команда перемещения по оси Z
A	Необязательная команда перемещения по оси A

G00 используется для перемещения по осям станка с максимальной скоростью. В первую очередь он используется для быстрого позиционирования станка в заданную точку перед каждой командой подачи (резания) (Все перемещения производятся на полной скорости.) Это модальный G-код, поэтому блок с G00 включает режим ускоренного перемещения для всех последующих блоков до тех пор, пока не будет задан другой код группы 01.

Замечание по программированию. Как правило, ускоренное перемещение производится не по прямой. Каждая указанная ось перемещается с одинаковой скоростью, однако завершение движения всех осей необязательно происходит одновременно. Прежде чем приступить к следующей команде, станок ожидает завершения всех перемещений» [8].

Команды абсолютного или инкрементного (приращениями) позиционирования (G90 или G91) меняют способ интерпретации значений движения осей. «Настройка 57 (точная остановка осей X-Z в стандартных циклах) может изменить то, как станок ожидает точной остановки до и после ускоренного перемещения» [8].

#### «G01 Перемещение с использованием линейной интерполяции (группа 01)

F	Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту
X	Необязательная команда перемещения по оси X
Y	Необязательная команда перемещения по оси Y
Z	Необязательная команда перемещения по оси Z

- A      Необязательная команда перемещения по оси A
- R      Радиус дуги
- C      Расстояние прохода при снятии фаски» [8].

«Этот G-код перемещает оси с заданной скоростью подачи. Используется в основном для резания детали. Подача G01 может быть движением по одной оси или комбинацией разных осей. Скорость перемещения осей определяется значением скорости подачи (F). Значение F можно задавать в единицах (метрических или дюймах) в минуту (G94), или на оборот шпинделя (G95), или времени для завершения перемещения (G93). Значение скорости подачи (F) может быть в текущей строке программы или предыдущей строке. Система будет всегда использовать последнее значение F, пока не будет подана команда на другое значение F» [8].

«Команда G01 – модальная, что означает, что она остается в действии до ее отмены командой ускоренного перемещения, например, G00 или же командой кругового движения, например, G02 или G03. При задании G01 все задействованные оси перемещаются и достигают точки назначения одновременно. Если ось не может обеспечить заданную скорость подачи, управление не обрабатывает G01 и выдает ошибку (превышение максимальной скорости подачи)» [8].

**«G02 Перемещение с использованием круговой интерполяции по часовой стрелке / G03 Перемещение с использованием круговой интерполяции против часовой стрелки (группа 01)» [8]**

- «F      Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту
- I      Необязательное расстояние по оси X до центра окружности
- J      Необязательное расстояние по оси Y до центра окружности
- K      Необязательное расстояние по оси Z до центра окружности
- R      Необязательный радиус окружности» [8].
- «X      Необязательная команда перемещения по оси X
- Y      Необязательная команда перемещения по оси Y
- Z      Необязательная команда перемещения по оси Z
- A      Необязательная команда перемещения по оси A» [8].
- R      Радиус окружности при радиусной обработке углов
- C      Расстояние от центра пересечения, где начинается снятие фаски.

«Для программирования радиуса предпочтительнее всего использовать I, J и K. R подходит для самых общих радиусов» [8].

«Эти G-коды задают круговое движение. Для завершения кругового движения необходимы две оси и использование правильной плоскости, G17–19. Есть два способа задания G02 или G03, первый – с использованием адресов I, J и K, второй – с использованием адреса R» [8]. Функцию снятия фаски или радиусной обработки углов можно добавить к программе путем задания C (снятие фаски) или R (радиусная обработка углов), как указано в определении G01.

#### **«Использование адресов I, J, K» [8]**

«Адреса I, J и K используются для нахождения центра дуги по отношению к начальной точке. Другими словами, адреса I, J и K – это расстояние от начальной точки до центра окружности. Допустимы только I, J и K, характерные для выбранной плоскости (G17 использует IJ, G18 использует IK и G19 использует JK). Команды X, Y и Z задают конечную точку дуги. Если положение X, Y или Z для выбранной плоскости не задано, конечной точкой дуги будет начальная точка этой оси» [8].

«Для обработки по полной окружности необходимо использовать адреса I, J и K; использование адреса R не приведет к нужному результату. Для обработки по полной окружности не следует задавать конечную точку (X, Y и Z); следует задать I, J или K для определения центра окружности. Например: G02 I3.0 J4.0 (предполагается G17; плоскость XY)» [8].

#### **«Использование адреса R» [8]**

«Значение R определяет расстояние от точки начала до центра окружности. Для радиусов  $180^\circ$  или меньше используйте положительное значение R, а для радиусов больше  $180^\circ$  – отрицательное» [8]. (рис. 12).

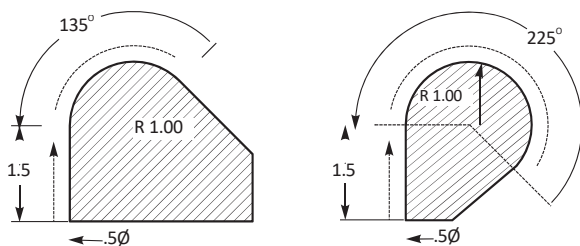


Рис. 12. Пример обработки участка «Дуга» [8]

**«Примеры программирования» [8]**

**«Спиральное перемещение» [8]**

«Винтовое (спиральное) перемещение возможно с помощью G02 или G03 путем задействования линейной оси, не находящейся в выбранной плоскости. Эта третья ось будет линейно перемещаться вдоль указанной оси, в то время как две другие оси будут перемещаться круговым движением.

Скорость каждой оси контролируется таким образом, чтобы их винтовая скорость соответствовала заданной скорости подачи» [8].

**G04 Пауза (группа 00)**

P Пауза в секундах или миллисекундах

G04 используется для задержки или паузы в программе. Блок, содержащий G04, сделает задержку на время, указанное в коде P. Например, G04 P10.0. Это вызовет паузу в программе длительностью 10 секунд. Обратите внимание на использование десятичной точки: G04 P10 означает задержку в 10 секунд; G04 P10 означает задержку в 10 миллисекунд.

**G09 Точная остановка (группа 00)**

Код G09 задает остановку осей. Это немодальный код, он действует только в блоке, в котором был задан, и не влияет на последующие блоки. Перемещения станка замедлятся до заданной точки прежде, чем произойдет обработка следующей команды.



## **G10 Установленные смещения (группа 00)**

G10 позволяет программисту установить смещения из программы. Использование G10 заменяет ручной ввод смещений (например, коррекцию на длину и диаметр инструмента и смещения рабочих координат).

«L – Выбор категории коррекции.

L2 – Источник рабочих координат для G52 и G54–G59

L10 – Величина коррекции длины (для кода H)

L1 или L11 – Величина коррекции на износ инструмента (для кода H)

L12 – Величина коррекции на диаметр (для кода D)

L13 – Величина коррекции на износ по диаметру (для кода D)

L20 – Источник дополнительных рабочих координат для G110–G129

P – Выбор конкретной коррекции

P1–P100 используется для обращения к коррекции кодов D или H (L10–L13)

P0 G52 ссылается на рабочие координаты (L2)

P1–P6 G54–G59 ссылается на рабочие координаты (L2)

P1–P20 G110–G129 ссылается на дополнительные координаты (L20)

P1–P99 G154 P1–P99 ссылается на дополнительные координаты (L20)

R Значение коррекции или приращение длины и диаметра

X Необязательное положение нуля оси X

Y Необязательное положение нуля оси Y

Z Необязательное положение нуля оси Z

A Необязательное положение нуля оси A» [8].

### **Примеры программирования**

G10 L2 P1 G91 X6.0	{Переместить координату G54 6.0 вправо};
G10 L20 P2 G90 X10. Y8.	{Задать координаты детали G111 как X10.0, Y8.0.};
G10 L10 G90 P5 R2.5	{Задать коррекцию для инструмента #5 как 2.5};

G10 L12 G90 P5 R.375	{Задать диаметр для инструмента #5 как .375»};
G10 L20 P50 G90 X10. Y20.	{Задать координаты детали G154 P50 как X10. Y20.}

**«G17 Плоскость XY, G18 плоскость ZX и G19 плоскость YZ (группа 02)» [8]**

«Для выполнения круглого фрезерования торца заготовки (G02, G03, G12, G13) должны быть выбраны две из трех основных осей (X, Y и Z). Для выбора плоскости используется один из трех G-кодов, G17 для XY, G18 для XZ и G19 для YZ. Каждый из них является модальным и применяется для всех последующих круговых движений. Выбранная плоскость по умолчанию – G17, то есть круговое движение в плоскости XY может быть задано без явного выбора G17. Выбор плоскости действует также и на G12 и G13, фрезерование круглых карманов (всегда в плоскости XY)» [8].

«При включенной коррекции на радиус режущего инструмента (G41 или G42) для кругового движения может использоваться только плоскость XY (G17)» [8].

«Определено G17 – круговое движение определяется как движение для оператора, смотрящего на стол XY сверху. Это определяет перемещение инструмента относительно детали» [8].

«Определено G18 – Круговое движение определяется как движение для оператора, смотрящего сзади станка по направлению к переднему пульту управления» [8].

«Определено G19 – Круговое движение определяется как движение для оператора, смотрящего с той стороны станка, где установлен пункт управления» [8].

**«G20 Выбор измерения в дюймах/G21 Выбор измерения в метрических единицах (группа 06)» [8]**

«G-коды G20 (дюймы) и G21 (мм) используются для обеспечения корректного выбора единиц измерения в программе. Выбор между программированием с использованием дюймов и метрических единиц следует производить с помощью настройки 9» [8].

## **G28 Возврат в нуль станка через опциональную точку отсчета G29 (группа 00)**

Код G28 используется для возврата всех осей в начало координат станка, если не указана ось или оси, в каком-либо случае только эта ось (или оси) возвращается в начало координат станка. G28 отменяет коррекцию на длину инструмента для последующих строк кода.

### **«G29 Возврат из опорной точки (группа 00)**

Код G29 перемещает оси в заданную позицию. Выбранные в этом блоке оси перемещаются в точку отсчета G29, сохраненную в G28, а затем перемещаются в положение, заданное командой G29» [8].

### **«G31 Подача до пропуска (группа 00)» [8]**

«(Этот дополнительный G-код требует наличия датчика).

F	Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту
X	Команда абсолютного движения оси X
Y	Команда абсолютного движения оси Y
Z	Команда абсолютного движения оси Z
A	Команда абсолютного движения оси A
B	Команда абсолютного движения оси B» [8].

Этот G-код перемещает оси в заданную позицию. Он действует только в блоке, в котором указан G31. Заданное перемещение начинается и продолжается до достижения заданной позиции или до получения сигнала датчика (сигнала пропуска). По завершении перемещения выдается звуковой сигнал.

Не используйте коррекцию на инструмент с G31.

Используйте M-коды (например, M52 и M62) и паузу для включения и выключения датчика.

Например:

M53

G04 P100 M63

См. также M75, M78 и M79.

**«G35 Автоматическое измерение диаметра инструмента (группа 00)» [8]**

«(Этот дополнительный G-код требует наличия датчика)» [8].

«F	Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту
D	Номер коррекции на диаметр инструмента
X	Необязательная команда оси X
Y	Необязательная команда оси Y.

Функция автоматического измерения коррекции на диаметр инструмента (G35) устанавливает диаметр (или радиус) инструмента с помощью двух проходов датчика, по одному с каждой стороны инструмента. Блоком G31 с использованием M75 устанавливается первая точка, а блоком G35 – вторая. Расстояние между этими двумя точками устанавливается в выбранное (ненулевое) смещение Dnnn. Настройка 63 (ширина датчика инструмента) используется для уменьшения измеренного диаметра инструмента на значение ширины датчика инструмента.

Этот G-код перемещает оси в заданную позицию. Заданное перемещение начинается и продолжается до достижения заданной позиции или до получения сигнала датчика (сигнала пропуска)» [8].

**«G36 Автоматическое измерение коррекции детали (группа 00)» [8]**

«(Этот дополнительный G-код требует наличия датчика).

F	Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту
I	Необязательное расстояние коррекции по оси X
J	Необязательное расстояние коррекции по оси Y
K	Необязательное расстояние коррекции по оси Z
X	Необязательная команда перемещения по оси X
Y	Необязательная команда перемещения по оси Y
Z	Необязательная команда перемещения по оси Z» [8].

Автоматическое измерение смещения детали (G36) задает установку смещений заготовки с помощью датчика. Код G36 перемещает оси станка до соприкосновения заготовки и установленной на шпинделе измерительной головки. Перемещение осей прекращается после получения сигнала датчика или при достижении ограничителя перемещения.

При выполнении этой функции смещения коррекции на инструмент (G41, G42, G43 и G44) не должны быть включены. Для всех программируемых осей устанавливается текущая система рабочих координат. Точка получения сигнала пропуска становится нулевой позицией.

«В случае указания **I**, **J** или **K** коррекция детали соответствующей оси смещается на величину **I**, **J** или **K**. Это позволяет сдвинуть рабочее смещение в соответствии с координатами фактического касания датчика.

Примечания. Точки, в которых производилось касание датчика, смещаются на величины, определенные в настройках 59–62» [8].

При использовании кода G36 применяйте команду относительных перемещений G91.

Используйте M-коды (например, M53 и M63) и паузу для включения и выключения датчика шпинделя. Пример:

M53

G04 P100 M63

### **G37 Автоматическое измерение коррекции на инструмент (группа 00)**

«(Этот дополнительный G-код требует наличия датчика).

F Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту

H Номер коррекции на инструмент

Z Обязательная коррекция оси Z.

Автоматическое измерение смещения инструмента (G37) задает установку коррекции на длину инструмента с помощью датчика. G37 подает ось Z для измерения инструмента с помощью установленного на столе контактного датчика. Перемещение оси Z производится до получения сигнала датчика или до достижения предела хода. Должны быть активными ненулевой H-код и либо G43, либо G44. При получении сигнала от измерительной головки (сигнал пропуска) положение Z используется для задания указанной коррекции на инструмент (Hnnn)» [8]. Итоговое значение коррекции равно смещению между точкой рабочего нуля и точкой срабатывания датчика.

«Система координат (G54–G59, G110–G129) и коррекция на длину инструмента (H01–H200) могут быть выбраны в данном или предшествующем блоке» [8].

*Примечания.*

Используйте M-код M52 для включения датчика стола. Используйте M-код M62 для выключения датчика стола.

Коррекция на режущий инструмент не может быть активна во время функции пропуска. См. также M78 и M79.

Для нулевого смещения задайте Z0.

O1234 (G37) T1 M06

M52

G00 G90 G110 X0 Y0 G00 G43 H1 Z5.

G37 H1 Z0. F30. G00 G53 Z0 M62

M30

**«G40 Отмена коррекции на режущий инструмент (группа 07)» [8]**

«G40 отменяет коррекцию на режущий инструмент G41 или G42» [8].

**«G41 Двухмерная коррекция на режущий инструмент влево/G42 Двухмерная коррекция на режущий инструмент вправо (группа 07)» [8]**

«G41 включает коррекцию на инструмент влево, то есть сдвигает инструмент влево от программной траектории для коррекции на размер инструмента. Для задания правильной коррекции на радиус или диаметр инструмента должен быть программно задан адрес D. При отрицательном значении смещения коррекция на режущий инструмент будет действовать, как при задании G42 (коррекции вправо)» [8].

«Правая или левая сторона программируемой траектории определяются, глядя на инструмент, когда он удаляется. Если инструмент необходимо сместить влево от программируемой траектории, когда он удаляется, используйте G41. Если инструмент необходимо сместить вправо от программируемой траектории, когда он удаляется, используйте G42. См. раздел «Коррекция на режущий инструмент», где содержится подробная информация» [8].

### **G43 Коррекция на длину инструмента + (прибавление) / G44 Коррекция на длину инструмента – (вычитание) (группа 08)**

Код G43 включает коррекцию на длину инструмента в положительном направлении, длина инструмента на странице смещений прибавляется к заданному положению оси. Код G44 включает коррекцию на длину инструмента в отрицательном направлении, длина инструмента на странице смещений отнимается от заданного положения оси. Для выбора правильного значения страницы смещений должен быть задан ненулевой адрес N.

### **G47 Гравировка текста (группа 00)**

Во время команды G47 система управления переключается на G91 (режим с приращением) при гравировании, а затем по окончании переключается обратно на G90 (абсолютный режим). Для того чтобы система управления осталась в режиме с приращением, настройка 29 (G91, немодальная) и настройка 73 (G68, угол с приращением) должны быть в положении «выключено».

E Скорость подачи погружения (ед./мин)

F Скорость подачи при гравировании (ед./мин)

Угол поворота (от –360. до +360.), по умолчанию – 0

Высота текста в дюймах (минимум = 0.001 дюйма), по умолчанию 1.0 дюйм

P 0 для гравирования строки текста

1 для гравировки последовательного серийного номера 32-126 для символов ASCII

R Плоскость возврата

X Начало гравирования по оси X

Y Начало гравирования по оси Y

Z Глубина резания

### **«Гравировка последовательного серийного номера» [8]**

«Этот способ используется для гравировки номеров на серии деталей, с увеличением номера каждый раз на единицу. Символ # используется для выбора количества цифр в серийном номере. Например, G47 P1 (####) ограничит серийный номер четырьмя цифрами, (P1 (##) ограничит серийный номер двумя цифрами и т. д.)» [8].

Начальный серийный номер может быть задан как программно, так и вручную. Например, если запрограммировано, G47 P1 (1234) установит исходный серийный номер на «1234».

Начальный серийный номер может также быть задан вручную через макропеременную. Для этого необязательно должна быть включена функция макрокоманд. Значение начального серийного номера для гравировки содержится в макропеременной #599. Например, если макропеременная #599 установлена на «1234», G47 P1 (####) выполнит «1234». (см. раздел «Макросы», где содержится подробная информация).

### **Гравировка строки текста**

Этот метод применяется для гравировки на детали требуемой строки текста. Текст должен идти в виде комментария в той же строке, что и оператор P0. Например, G47 P0 (ГРАВИРОВКА) выполнит надпись «ГРАВИРОВКА».

### **«G49 Отмена G43/G44/G143 (группа 08)» [8]**

«Этот G-код отменяет коррекцию на длину инструмента.  
*Примечание:* H0, G28, M30 и Reset (сброс) также отменяют коррекцию на длину инструмента» [8].

### **«G50 Отмена масштабирования (группа 11)» [8]**

«G50 отменяет опциональную функцию масштабирования. Масштабирование любой оси с помощью предшествующей команды G51 отменяется» [8].

### **«G51 Масштабирование (группа 11)» [8]**

«(Опциональный G-код, для которого необходимы функции поворота и масштабирования)

X      необязательный центр масштабирования для оси X

Y      необязательный центр масштабирования для оси Y

Z      необязательный центр масштабирования для оси Z

P      необязательный коэффициент масштабирования для всех осей, с точностью до трех десятичных знаков, от 0.001 до 8383.000.

G51 [X...] [Y...] [Z...] [P...]» [8].

«Система управления всегда использует центр масштабирования для определения положения масштабирования. Если центр



масштабирования не задан в блоке команды G51, в качестве центра масштабирования используется последнее заданное положение» [8].

При задании масштабирования (G51) все значения X, Y, Z, I, J, K или R, относящиеся к перемещениям станка, умножаются на коэффициент масштабирования и смещаются относительно центра масштабирования.

G51 применяется ко всем соответствующим значениям позиционирования в блоках, следующих за командой G51. Оси X, Y и Z могут масштабироваться с помощью адреса P; если адрес P не задан, используется коэффициент масштабирования настройки 71.

Следующие программы демонстрируют выполнение масштабирования при использовании разных центров масштабирования.

#### **«G52 Задать систему координат детали (группа 00 или 12)» [8]**

«Команда G52 выполняется по-разному в зависимости от настройки 33. Настройка 33 выбирает тип координат FANUC, HAAS» [8] или YASNAC.

При значении YASNAC G52 является G-кодом группы 12. G52 работает так же, как G54, G55 и т. п. Никакие значения G52 не обнуляются (0) при включении, сбросе, завершении программы или при M30. При использовании G92 (установка значений смещений системы рабочих координат) в формате YASNAC значения X, Y, Z, A и B вычитаются из текущего рабочего положения и автоматически вводятся в рабочее смещение G52.

«При значении FANUC G52 является G-кодом группы 00. Это смещение глобальных рабочих координат. Значения, введенные в строку G52 на странице рабочих смещений, прибавляются ко всем рабочим смещениям. Все значения G52 на странице рабочих смещений обнуляются (0) при включении, сбросе, смене режимов, завершении программы, а также по M30, G92 или G52 X0 Y0 Z0 A0 B0. При использовании G92 (установка значений смещений системы рабочих координат) в формате FANUC текущее положение в текущей системе рабочих координат смещается на значения G92 (X, Y, Z, A и B). Значения рабочих смещений G92 – это разница между текущими рабочими смещениями и значением смещения, заданным G92» [8].

«При значении HAAS G52 является G-кодом группы 00. Это смещение глобальных рабочих координат. Значения, введенные в строку G52 на странице рабочих смещений, прибавляются ко всем рабочим смещениям. Все значения G52 обнуляются (0) при G92. При использовании G92 (установка значений смещений системы рабочих координат) в формате HAAS текущее положение в текущей системе рабочих координат смещается на значения G92 (X, Y, Z, A и B). Значения рабочих смещений G92 — это разница между текущими рабочими смещениями и значением смещения, заданным G92 (установка значений смещений системы рабочих координат)» [8].

#### **«G53 Немодальный выбор координат станка (группа 00)» [8]**

«Этот код временно отменяет смещения рабочих координат и использует систему координат станка. В системе координат станка нулевая точка каждой оси — это положение, в которое станок переводится при выполнении возврата в нуль. G53 включает эту систему для блока, в котором задается» [8].

#### **«G54–59 Выбор системы рабочих координат #1 – #6 (группа 12)» [8]**

«Эти коды предназначены для выбора одной из шести систем координат пользователя. Все последующие ссылки на положения осей будут интерпретироваться в новой (G54–G59) системе координат» [8].

#### **«G60 Позиционирование в одном направлении (группа 00)» [8]**

«Этот G-код используется для установки позиционирования только в положительном направлении. Он приводится для совместимости с более старыми системами. Это немодальный код, он не влияет на последующие блоки. См. также настройку 35» [8].

#### **«G61 Режим точной остановки (группа 15)» [8]**

«Код G61 используется для задания точной остановки. Это модальный код; таким образом он влияет на последующие блоки. Оси станка приходят к точной остановке в конце каждого заданного перемещения» [8].

#### **«G64 Отмена G61 (группа 15)» [8]**

«Код G64 используется для отмены точной остановки (G61)» [8].

### «G68 Поворот (группа 16)» [8]

«(Опциональный G-код, для которого необходимы функции поворота и масштабирования). G17, G18, G19 дополнительная плоскость поворота, по умолчанию – текущая» [8].

**A** необязательный центр вращения для первой оси выбранной плоскости

**B** необязательный центр вращения для второй оси выбранной плоскости

**R** необязательный угол поворота, указанный в градусах

Трехместное десятичное значение от  $-360.000$  до  $360.000$ .

Перед командой G68 необходимо использовать G17, 18 или 19, чтобы установить плоскость оси поворота. Например: G17 G68 Annn Bnnn Rnnn;

A и B соответствуют осям текущей плоскости; для примера с G17 A – это ось X, а B – ось Y. Система управления всегда использует центр поворота для определения значений положения, передаваемых системе управления после поворота. Если не задана ось центра вращения, в качестве центра вращения используется текущее положение.

«При задании поворота (G68) все значения X, Y, Z, I, J и K поворачиваются на заданный угол R по отношению к центру поворота» [8].

«G68 применяется ко всем соответствующим значениям позиционирования в блоках, следующих за командой G68. Значения в строке, содержащей G68, не поворачиваются. Поворачиваются только значения в плоскости поворота, таким образом, если текущая плоскость поворота G17, меняются только значения для осей X и Y» [8].

«При задании положительного значения (угла) адреса R поворот производится против часовой стрелки. Если угол поворота (R) не задан, значение угла поворота берется из настройки 72» [8].

«В инкрементном режиме G91 при включенной (ON) настройке 73 угол поворота меняется на значение R. Другими словами, каждая команда G68 меняет угол поворота на значение, заданное в R» [8].

«Угол поворота устанавливается в ноль в начале программы или же может быть установлен в конкретное значение с помощью G68 в режиме G90» [8].

### **Поворот с масштабированием**

При использовании одновременно масштабирования и поворота рекомендуется включать масштабирование до поворота и использовать отдельные блоки.

«Для этого используйте следующий шаблон:

G51 (МАСШТАБИРОВАНИЕ);

...

G68 (ПОВОРОТ);

.

. программа

.

G69 (ВЫКЛЮЧЕНИЕ ПОВОРОТА);

...

G50 (ВЫКЛЮЧЕНИЕ МАСШТАБИРОВАНИЯ)» [8];

### **«Поворот с коррекцией на режущий инструмент» [8]**

«Коррекцию на режущий инструмент следует включать после задания команды поворота. Коррекцию следует также выключать до выключения поворота» [8].

### **«G69 Отмена поворота / G68 (группа 16)» [8]**

«(Опциональный G-код, для которого необходимы функции поворота и масштабирования)» [8].

«G69 отменяет заданный ранее поворот» [8].

### **«G70 Круг болтовых отверстий (группа 00)» [8]**

I Радиус (+ против ч. с./– по ч. с.).

J Начальный угол (от 0 до 360.0 градусов ПРЧС от горизонтали или положения «3 часа»)

L Количество равномерно расположенных по кругу отверстий» [8].

«Этот немодальный G-код должен использоваться с одним из стандартных циклов G73, G74, G76, G77 или G81–G89. Стандартный цикл должен быть активным, так, чтобы в каждом положении производилась операция сверления или нарезания резьбы» [8].

### **G71 Дуга болтовых отверстий (группа 00)**

«I Радиус (+ против ч. с./– по ч. с.)

J Угол начала (в градусах против часовой стрелки от горизонтального)

K Угловой интервал отверстий (+ или –)

L Количество отверстий» [8].

«Этот немодальный G-код подобен G70, за исключением того, что он не ограничивается завершенной окружностью. G71 относится к группе 00 и, таким образом, немодален. Стандартный цикл должен быть активным, так, чтобы в каждом положении производилась операция сверления или нарезания резьбы» [8].

### **«G72 Болтовые отверстия вдоль угла (группа 00)» [8]**

«I Расстояние между отверстиями (+ против ч. с./– по ч. с.)

J Угол линии (в градусах против часовой стрелки от горизонтального)

L Количество отверстий» [8].

«Для корректной работы G72 стандартный цикл должен быть активным, так, чтобы в каждом положении производилась операция сверления или нарезания резьбы» [8] (рис. 13).



Рис. 13. Определение параметров окружности

«Немодальный G-код для сверления количества отверстий L по прямой линии под заданным углом. Работает подобно G70» [8].

### **Правила для стандартных циклов болтовых отверстий по шаблону**

1. Инструмент должен быть помещен в центр шаблона до выполнения стандартного цикла. Как правило, центр X0, Y0.

2. Код J — это угловое исходное положение, всегда от 0 до 360 градусов против часовой стрелки от положения «три часа».

### **Изменение стандартных циклов**

В этом разделе мы рассмотрим стандартные циклы, которые необходимо менять для облегчения программирования обработки разных деталей.

### **Использование G98 и G99 для обхода прихватов**

Например, квадратная заготовка, закрепленная на столе прихватами стола высотой в один дюйм. Необходимо написать программу для освобождения зажимов стола.

### **Избежание препятствий в плоскости X, Y в стандартном цикле**

Чтобы избежать препятствия в плоскости X, Y во время стандартного цикла, поместите L0 в строку стандартного цикла, таким образом задав перемещение по X, Y без выполнения операции стандартного цикла по оси Z.

Например, если заготовка — это шестидюймовый прямоугольный алюминиевый брусок, с фланцем на каждой стороне, размером один на один дюйм, текст программы вызывает выполнение двух отверстий, сцентрированных на каждой стороне фланца. Программа для обхода каждого из углов заготовки.

### **«FANUC или HAAS**

Если настройка 33 задана как FANUC или HAAS, команда G92 производит смещение всех систем координат детали (G54–59, G110–129) таким образом, что положение по команде становится текущим положением в активной системе детали. Код G92 не является модальным.

Команда G92 отменяет все действующие G52 для управляемых осей. Пример: G92 X1.4 отменяет G52 для оси X. На остальные оси команда не оказывает никакого влияния.

Значение смещения G92 отображается в нижней части страницы WORK OFFSETS (рабочее смещение) и при необходимости может быть обнулено. Очистка также производится автоматически после включения питания и при каждом использовании ZERO RET (возврат в нулевую точку) и AUTO ALL AXES (все оси авто) или ZERO SINGLE AXIS (возврат в нулевую точку одной оси)» [8].

### **YASNAC**

При выборе в качестве настройки 33 YASNAC команда G92 устанавливает систему рабочих координат G52 таким образом, что заданное положение становится текущим в активной системе. После этого рабочая система G52 становится активной вплоть до момента выбора другой рабочей системы.

#### **«G93 Режим обратозависимой подачи (группа 05)» [8]**

«F Скорость подачи (проходов в минуту).

Этот G-код указывает на то, что все значения F (скорость подачи) интерпретируются как проходов в минуту» [8]. Иными словами, значение кода F, деленное на 60, соответствует времени (в секундах), необходимому для выполнения перемещения.

«Код G93 обычно применяется при обработке с использованием 4 и 5 осей. С его помощью осуществляется пересчет линейной скорости подачи (дюйм/мин) во вращательное движение» [8].

«При активном G93 следует обязательно указывать подачу для всех блоков интерполируемых перемещений, то есть в каждом блоке перемещения не с ускоренным перемещением должно быть указано собственное значение скорости подачи» [8]. «Нажатие клавиши **RESET** (сброс) переводит станок в режим G94 (подача в минуту). Настройки 34 и 79 (диаметры 4 и 5 осей) не нужны при использовании 93» [8].

#### **«G94 Режим подачи в минуту (группа 05)» [8]**

«Этот код отменяет команду G93 (режим обратозависимой подачи) и переводит ЧПУ в режим подачи в минуту» [8].

#### **«G95 Скорость подачи на оборот (группа 05)» [8]**

«При активации кода G95 каждый оборот шпинделя соответствует перемещению, указанному в значении подачи. Если в ка-

честве единиц измерения установлены дюймы (настройка 9), то скорость подачи выражается в дюймах на оборот. При установке настройки в ММ скорость подачи выражается в мм на оборот. При активации кода G95 на режим работы станка влияют значения коррекции скорости шпинделя и скорости подачи. В случае использования функции коррекции скорости шпинделя любое изменение его скорости приводит к соответствующему изменению скорости подачи, обеспечивающему постоянство усилия резания. Однако в случае использования коррекции подачи изменение скорости подачи не влияет на скорость шпинделя» [8].

**«G98 Цикл возврата в исходную точку (группа 10)» [8]**

«При использовании кода G98 ось Z отводится в первоначальную исходную точку при каждом изменении координаты X и/или Y. Такая процедура позволяет перемещать зажимы и прихваты по детали» [8].

**«G99 Стандартный цикл возврата в плоскость R (группа 10)» [8]**

«При использовании кода G99 ось Z остается в плоскости R при каждом изменении координаты X и/или Y. Когда преграды не на траектории инструмента, G99 экономит время на обработку» [8].

**«G100 Отмена зеркального отражения (группа 00) / G101 Включение зеркального отражения (группа 00)» [8]**

«X Команда оси X  
Y Команда оси Y  
Z Команда оси Z  
A Команда оси A» [8]

«Программируемое зеркальное отражение используется для включения/отключения осей. Когда эта функция находится в состоянии ON, перемещения осей зеркалируются (переворачиваются) относительно нуля. Эти G-коды следует использовать в блоках, не содержащих других G-кодов. Они не вызывают осевых перемещений. Сведения о зеркалировании оси выводятся в нижней части дисплея. Параметры зеркального отражения см. настройки 45–48» [8].

Формат включения и выключения зеркального отражения:

G101 X09 = Включает зеркальное отражение оси X.

G100 X09 = Выключает зеркальное отражение оси X.



## Зеркальное отображение и коррекция на режущий инструмент

При использовании коррекции на режущий инструмент совместно с зеркальным отражением следуйте этим рекомендациям. После включения или выключения зеркального отражения при помощи G100 или G101 следующий блок перемещения должен быть к другой позиции координаты детали, а не к первой. Пример программного кода:

Правильно	Неправильно
G41 X1.0 Y1.0	G41 X1.0 Y1.0
G01 X2.0 Y2.0	G01 X2.0 Y2.0
G101 X0	G101 X0
G00 Z1.0	G00 Z1.0
G00 X1.0	G00 X2.0 Y2.0 G00 X2.0 Y2.0
G40	G40

Зеркальное отражение только одной из осей X или Y вызовет перемещение режущего инструмента по противоположной поверхности резания. Кроме того, в случае применения зеркального отражения только одной оси для кругового перемещения (G02, G03) команды коррекции инструмента (G41, G42) поменяют знак.

*Примечание.* При фрезеровании контура перемещениями XY включение Mirror Image (зеркальное отражение) только для одной оси X или Y приведет к тому, что вместо попутного фрезерования будет выполняться встречное фрезерование и/или вместо встречного фрезерования – попутное фрезерование. В результате характер или качество может оказаться не таким, как было нужно.

Зеркальное отображение обеих осей X и Y исключает возможность такой ситуации.

Программа зеркального отражения оси X:

### **G102 Программируемый вывод в порт RS-232 (группа 00)**

Команда оси X

Команда оси Y

Команда оси Z

A Команда оси A

В результате подачи команды G102 текущие рабочие координаты осей отправляются в первый порт RS-232 для их приема и записи

в компьютер. Состояние каждой оси, перечисленной в командном блоке G102, передается в порт RS-232 в том же формате, в каком данные указаны в программе. Код G102 следует использовать в блоках, не содержащих других G-кодов. При этом указанные значения не влияют на состояние осей и не вызывают их перемещения.

См. настройку 41 и настройку 25. Переданные значения соответствуют текущим координатам осей в системе рабочих координат.

С помощью этого G-кода можно определять фактические координаты детали (см. G31). Когда измерительная головка касается детали, следующая строка кода может быть G102, которая передает положение осей в компьютер для сохранения координат. Это называется «оцифровка» детали, что заключается в создании электронной копии поверхностей детали. Для выполнения этой функции требуется специальное программное обеспечение для персональных компьютеров.

### **G103 Ограничение буферизации блоков (группа 00)**

Максимальное количество блоков, предварительно просматриваемых устройством ЧПУ (от 0 до 15). Например:

G103 [P..]

Обычно этот код называют Block Look-ahead (опережающий просмотр блоков). Этот термин используется для описания действий, выполняемых системой управления в фоновом режиме во время перемещения рабочих органов станка. ЧПУ может заранее подготавливать блоки (строки) к выполнению. Во время выполнения одного блока следующий блок уже интерпретирован и подготовлен для обеспечения непрерывности работы.

Ограничение предпросмотра снимается указанием в программе G103 P0. Такой же результат достигается использованием кода G103 в блоке, не содержащем кода адреса P. При указании в программе G103 Pn предпросмотр ограничивается n блоками.

Код G103 можно использовать для отладки программ. Во время предпросмотра происходит выполнение макровыражений. Например, при указании в программе G103 P1 макровыражения будут выполняться с опережением на один блок.

### «G107 Цилиндрическое отображение (группа 00)» [8]

«X Команда оси X

Y Команда оси Y

Z Команда оси Z

A Команда оси A» [8].

«Q Диаметр цилиндрической поверхности

R Радиус от оси поворотного стола» [8].

«G-код преобразует все программируемые перемещения, выполняемые заданной линейной осью, в эквивалентные перемещения по поверхности цилиндра (установленного на оси вращения). Код относится к группе 0, однако его действие зависит от настройки 56 (M30 восстанавливает значение по умолчанию). Цилиндрическое отображение включается и отключается командой G107» [8].

«Любую программу линейной оси можно отобразить для любой оси вращения (по очереди). Имеющуюся программу линейной оси в G-коде можно привести к цилиндрическому отображению путем помещения в начало программы кода G107. Радиус (или диаметр) цилиндрической поверхности можно переопределять, что позволяет выполнять цилиндрическое отображение относительно поверхностей разных диаметров без изменения программы. Радиус (или диаметр) цилиндрической поверхности может быть или связан, или независим от диаметра или диаметров оси вращения, указанного в настройках 34 и 79. G107 также можно использовать для задания диаметра цилиндрической поверхности по умолчанию, независимо от того, какое действует цилиндрическое отображение» [8].

#### Описание кода G107

После G107 могут указываться три адресных кода: X, Y или Z; A или B; Q или R.

X, Y или Z: адреса X, Y или Z определяют линейную ось, которая будет приводиться к указанной оси вращения (A или B). При определении одной из таких осей следует обязательно задать ось вращения.

A или B: адреса A или B указывают, какая ось вращения поддерживает цилиндрическую поверхность.

**Q** или **R**: адрес **Q** определяет диаметр цилиндрической поверхности, а **R** – радиус. При определении **Q** или **R** следует обязательно задать ось вращения. При отсутствии адресов **Q** и **R** будет использоваться диаметр из последней команды **G107**. Если с момента включения питания не подавалось ни одной команды **G107** или последнее определенное значение было нулевым, то в качестве диаметра оси вращения будет использовано значение настройки 34 и/или 79. Если значение **Q** или **R** указано, то именно оно будет использовано командой **G107** для указанной оси вращения.

Цилиндрическое отображение автоматически выключается при завершении программы **G**-кодов, если настройка 56 установлена в **ON**. Нажатие клавиши **RESET** (сброс) отключает действующее цилиндрическое отображение независимо от состояния настройки 56.

В то время как **R** подходит для определения радиуса, рекомендуется, чтобы **I**, **J** и **K** использовались для более сложного программирования **G02** и **G03**.

#### «**G110–G129 Система координат #7–26 (группа 12)**» [8]

«Эти коды предназначены для выбора одной из систем рабочих координат. В новой системе координат будут вычислены положения исходных точек всех осей. Действие кодов **G110–129** аналогично действию кодов **G54–G59**» [8].

#### **G136 Автоматическое измерение центра рабочего смещения (группа 00)**

(Этот дополнительный **G**-код требует наличия датчика)

- F** Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту
- I** Необязательное расстояние коррекции по оси **X**
- J** Необязательное расстояние коррекции по оси **Y**
- K** Необязательное расстояние коррекции по оси **Z**
- X** Необязательная команда перемещения по оси **X**
- Y** Необязательная команда перемещения по оси **Y**
- Z** Необязательная команда перемещения по оси **Z**

Автоматическое измерение центра рабочего смещения (**G136**) используется для подачи датчику команды на установку рабочих смещений. Код **G136** перемещает оси станка до соприкосновения заготовки и установленной на шпинделе измерительной головки.

Перемещение осей прекращается после получения сигнала датчика или при достижении ограничителя перемещения.

При выполнении этой функции коррекция на инструмент (G41, G42, G43 или G44) должна быть отключена. «Для всех программируемых осей устанавливается текущая система рабочих координат. Для задания первой точки используйте цикл G31 с M75. G136 задает координаты детали в точке, находящейся в центре линии между точкой касания измерительной головки и точкой, заданной кодом M75. Таким образом по двум точкам касания определяется положение центра детали» [8].

«В случае указания I, J или K коррекция детали соответствующей оси смещается на величину I, J или K» [8]. Это позволяет сдвинуть рабочее смещение в соответствии с координатами фактического касания датчика.

**«G141 Коррекция на режущий инструмент 3D+ (группа 07)» [8]**

X Команда оси X

Y Команда оси Y

Z Команда оси Z

A Команда оси A (необязательная)

B Команда оси B (необязательная)

D Выбор размера режущего инструмента (модальная)

I Направление коррекции на режущий инструмент оси X от траектории программы» [8].

J Направление коррекции на режущий инструмент оси Y от траектории программы

K Направление коррекции на режущий инструмент оси Z от траектории программы

F Скорость подачи в G93 или G94 (модальная в G94)» [8].

«Эта функция выполняет трехмерную коррекцию на режущий инструмент. Используется следующий формат:

G141 Xnnn Ynnn Znnn Innn Jnnn Knnn Fnnn Dnnn Последующие строки могут быть как указано ниже:

G01 Xnnn Ynnn Znnn Innn Jnnn Knnn Fnnn

или

G00 Xnnn Ynnn Znnn Innn Jnnn Knnn» [8]

«Некоторые системы АСУП способны выдавать X, Y и Z со значениями I, J, K. Значения I, J и K сообщают системе управления о направлении, в котором применяется компенсация в станке» [8].

«I, J и K задают нормальное направление относительно центра инструмента к точке контакта инструмента в системе АСУП. Векторы I, J и K требуются, чтобы система управления смогла выполнить смещение траектории инструмента в правильном направлении. Значение компенсации может быть в положительном или отрицательном направлении» [8].

«Величина коррекции, введенная как радиус или диаметр (настройка 40) для инструмента, будет компенсировать траекторию на эту величину, даже если перемещения инструмента – по 2 или 3 осям» [8].

«Только G00 и G01 могут использовать G141. Необходимо будет запрограммировать Dnn, кодов D, выбирается коррекция, которая будет использоваться. В каждом блоке обязательна команда подачи G93» [8].

С единичным вектором  $I2 + J2 + K2$  должно равняться 1.

«Только конечная точка блока по команде компенсируется в направлении I, J и K. По этой причине эта компенсация рекомендуется только для поверхностных траекторий инструмента, имеющих жесткий допуск (небольшое перемещение между блоками кода)» [8].

Для достижения наилучших результатов необходимо программировать от центра инструмента, используя концевую сферическую фрезу.

**«G143 Коррекция на длину инструмента 5-й оси + (группа 08)» [8]**

«(Этот G-код является дополнительным» [8]. Он используется только на тех станках, у которых вращение спутника является рабочим движением)» [8].

«G-код позволяет производить коррекцию длины режущего инструмента без использования программных средств CAD/CAM. Для выбора длины инструмента из таблиц компенсации следует указать код H. Команды G49 и H00 отменяют коррекцию 5-й оси. Для корректной работы кода G143 необходимо наличие двух поворотных осей A и B. Кроме того, должен быть активен режим абсолютного

позиционирования G90 (G91 использовать нельзя). Рабочая координата осей A и B 0,0 должна выставляться так, чтобы инструмент был параллелен перемещению оси Z» [8]. «Код G143 предназначен для компенсации разницы длин первоначально зарегистрированного инструмента и его заменителя. Использование G143 позволяет программе выполняться без ввода новой длины инструмента. Код G143 работает только с ускоренными перемещениями (G00) и продольной подачей (G01). С ним нельзя использовать другие функции подачи (G02 или G03) или стандартные циклы (сверление, нарезание резьбы и т. п.). При положительной длине инструмента происходит перемещение оси Z вверх (в направлении «+»). Если в программе не указано одно из значений X, Y или Z, то эта ось не будет перемещаться, даже если перемещения оси A или B генерируют вектор новой длины инструмента» [8].

«Таким образом, в обычной программе используются все 5 осей в одном блоке данных. G143 может выполнять перемещения по команде всех осей для компенсации осей A и B» [8].

«При использовании кода G143 рекомендуется применять режим обратнoзависимой подачи (G93)» [8].

#### **«G150 Универсальный цикл фрезерования углублений (группа 00)» [8]**

«D Выбор коррекции на радиус инструмента/диаметр инструмента

F Скорость подачи

I Приращение резания по оси X (положительное значение)

J Приращение резания по оси Y (положительное значение)

K Величина чистового прохода (положительное значение)

Номер подпрограммы для определения геометрии углубления

Приращение глубины резания по оси Z на проход (положительное значение)

Позиция расположения ускоренного перемещения плоскости R» [8]

«S Скорость вращения шпинделя (необязательная)

X Исходное положение X

Исходное положение Y

Окончательная глубина кармана» [8].

«Код G150 начинается с позиционирования режущего инструмента в исходной точке внутри кармана, затем выполняется проход по контуру, в последнюю очередь – чистовой проход. Торцевая фреза погрузится по оси Z. Вызывается подпрограмма P###, которая определяет геометрию углубления как замкнутой зоны при помощи перемещений G01, G02 и G03 по осям X и Y в углублении. Команда G150 выполняет поиск внутренней подпрограммы с номером N, указанным P-кодом. Если она не найдена, система управления выполняет поиск внешней подпрограммы. Если ни та, ни другая не найдены, подается сигнал об ошибке 314 Subprogram Not In Memory (подпрограмма не в памяти)» [8].

#### **«G154 Выбор координат детали P1-P99 (группа 12)» [8]**

«Функция предоставляет 99 дополнительных рабочих смещений. Код G154 со значением P в интервале от 1 до 99 вызывает дополнительную коррекцию детали. Например, G154 P10 выбирает коррекцию детали 10 из списка дополнительной коррекции детали. Имейте в виду, что коды с G110 по G129 ссылаются на ту же коррекцию детали, что и сочетание кодов от G154 P1 до P20, ее можно выбирать при помощи любого из двух способов. При активном рабочем смещении G154 в заголовке рабочего смещения (вверху справа) отображается значение G154 P» [8].

#### **«G155 Реверсивный стандартный цикл нарезания резьбы с использованием 5-й оси (группа 09)» [8]**

«Цикл G155 работает только с плавающим метчиком. Для жесткого нарезания резьбы с использованием 5-й оси применяется цикл G174» [8].

- «E Задаёт расстояние от исходного положения до дна отверстия
- F Скорость подачи в дюймах (мм) в минуту
- L Количество повторов
- A Исходное положение инструмента по оси A
- B Исходное положение инструмента по оси B
- X Исходное положение инструмента по оси X
- Y Исходное положение инструмента по оси Y
- Z Исходное положение инструмента по оси Z
- S Скорость шпинделя» [8].



«Координаты X, Y, Z, A, B программируются до запуска стандартного цикла. Это положение используется в качестве «первоначального исходного положения» [8].

Ниже приведен пример реверсивного стандартного цикла нарезания резьбы на стойке HAAS.

- Установите необходимый режим работы на станке HAAS. Для нарезания резьбы установите режим M3 (поворот шпинделя по часовой стрелке).
- Установите начальные параметры резьбы: скорость резания, подачу, глубину нарезания и начальное положение инструмента.
- Установите инструмент на станке HAAS. Убедитесь, что инструмент корректно затянут и жестко закреплен.
- Установите координаты точки начала нарезания резьбы. Эти координаты будут относительно начального положения инструмента.
- Определите необходимый диаметр и шаг резьбы согласно требованиям конструкции.
- Задайте реверсивный стандартный цикл нарезания резьбы на стойке HAAS. Введите команду G32, за которой следуют необходимые параметры резьбы: начальные координаты, диаметр резьбы и шаг.

Например: G32 X0 Z-20 F0.2 D1 P2.

- Запустите цикл командой M4. Шпиндель начнет вращаться по часовой стрелке, и инструмент начнет нарезать резьбу.

При достижении заданной глубины резьбы цикл реверсивно меняет направление вращения шпинделя на противоположное и инструмент начинает выходить из резьбы.

По завершении цикла инструмент возвращается в исходную позицию и шпиндель останавливается.

- Очистите область резьбы от стружки и проведите все необходимые проверки и замеры.

Важно помнить, что это только пример реверсивного стандартного цикла нарезания резьбы на стойке HAAS, и конкретные параметры и настройки могут различаться в зависимости от требований проекта и типа станка.

Необходимо обратиться к документации и инструкциям производителя для более точных указаний по нарезанию резьбы на стойке HAAS.

## **Практическая работа 5**

### **Создание программы со стойки**

**Форма проведения** – практическое занятие.

**Цель** – написать программу для станка.

**Задача** – согласно заданию и методическим рекомендациям выполнить подготовку управляющей программы стойки ЧПУ HAAS.

#### **Теоретические сведения**

«Программирование ЧПУ – важнейшая составляющая процесса проектирования и производства. От того, насколько чистым будет код, зависит время тестирования, отладки и запуска детали в производство. Станки с числовым программным оборудованием различаются по назначению и методам программирования.

Для того чтобы оборудование могло выполнять операции, ему необходимо задать набор команд, так называемый G-код. Он трансформируется из программы, написанной разработчиком, в пост-процессоре. Отсюда система управления станком получает информацию о задаче и этапах ее выполнения, затем формирует профиль, и станок выполняет технологические операции» [11].

«Различают следующие способы написания программ для оборудования с ЧПУ:

- ручной – разработчик или проектировщик создает код на удаленном ПК, затем переносит готовую программу в станок с помощью компакт-диска, флеш-накопителя, дискеты или посредством интерфейсного кабеля;
- с пульта ЧПУ – оператор с клавиатуры вводит набор предустановленных команд, которые выполняет станок;
- автоматизированным методом с помощью интегрированных CAD/CAE/CAM-систем» [11].

«Многие станки с ЧПУ оборудованы дисплеем и клавиатурой. Поэтому задавать программу оборудованию можно непосредственно с пульта. Производители предусмотрели два варианта постановки задачи станку:

- ввод G- и M-кодов с клавиатуры;
- использование диалогового окна.

Чтобы написать программу для оборудования с числовым программным управлением, нужно придерживаться определенных правил:

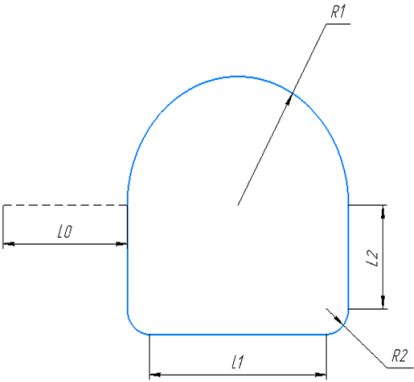
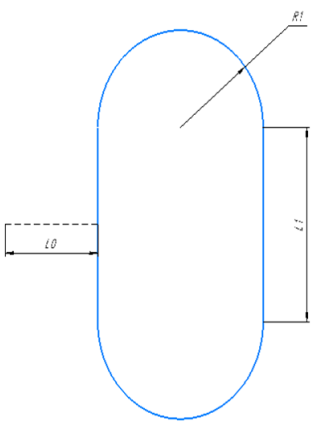
- Деталь рассматривают как геометрическое тело.
- Взаимодействие инструмента и заготовки должно учитывать их одновременное перемещение относительно друг друга.
- Траектория рабочего инструмента задается его центром.
- Инструмент перемещается из одной области в другую, причем эти области могут быть дугами, кривыми, прямыми.
- Точки пересечения областей (опорные, или узловые точки) включаются в качестве координат в управляющую программу.
- УП создается покадрово, где каждому кадру соответствует описание.
- Чем сложнее деталь, тем больше кадров будет содержать УП» [11].

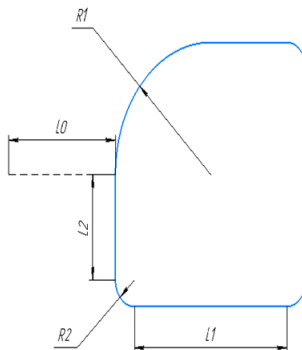
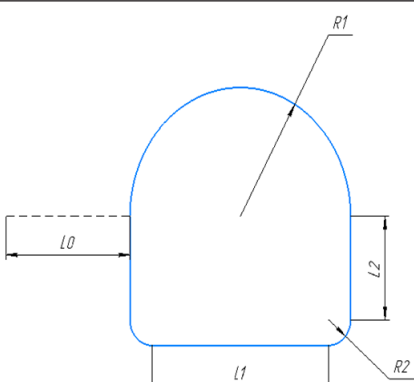
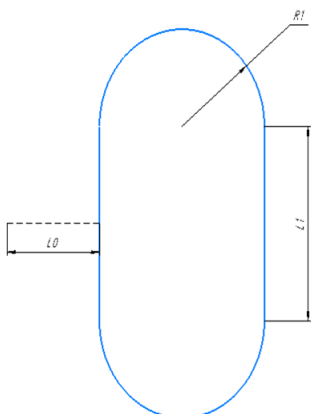
### Программа работы

1. Включить станок.
2. Выйти в нули.
3. Использовать рабочую систему координат G54 нажатием клавиши **POSITION** до появления нужного дисплея.
4. Зайти в директорию программ станка клавишей **LIST PROGRAM**.
5. Ввести номер программы с учетом исходного варианта Oxxxxx.
6. Создать новую программу клавишей **INSERT**.
7. Для редактирования программы выбрать необходимую с помощью стрелок курсора и нажать клавишу **SELECT PROGRAM**.
8. Написать программу для станка по исходному варианту и оформить, как указано в примере, согласно данным варианта задания (см. таблицу).

9. После написания программы выйти в меню **MEM** и запустить программу кнопкой **CYCLE START**.
10. Дождаться окончания программы и предоставить на проверку.

### Варианты заданий

Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
1			30	10	18	3
2		10	40	20	26	6
3			50	25	33	8
4			50		20	
5		20	70	—	30	—
6			90		40	

Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
7		30	20	10	15	5
8			30	15	25	10
9			40	20	35	15
10		11	34	10	18	3
11			44	20	26	6
12			54	25	33	8
13		22	55	20		
14			75	30		
15			95	40		

Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
16		33	26	10	15	5
17			36	15	25	10
18			46	20	35	15
19		15	35	10	18	3
20			45	20	26	6
21			55	25	33	8
22		25	57	—	20	—
23			77	—	30	—
24			97	—	40	—

Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
25		35	29	10	15	5
26			39	15	25	10
27			49	20	35	15

### Пример готовой программы

**G90 G54 G00 X40. Y0.** // Подводим инструмент к заготовке, включаем вращение шпинделя.

G90 – включаем режим абсолютного позиционирования.

G54 – зануляем по заранее настроенным координатам.

G00 – быстрое позиционирование для быстрого подхода к заготовке.

**G01 S1000 F200 M03** // Включаем и настраиваем вращение шпинделя и скорость подачи.

G01 – включает линейную интерпретирования.

M03 – включаем вращение шпинделя.

S1000 – количество оборотов шпинделя за минуту.

F200 – скорость подачи шпинделя в мм/мин (меняется только при новой вводной параметра F).

**X56. Y0.** // Обрабатываем заготовку по заданным координатам.

**Y-50.**

**X156.**

**Y0.**

**G03 R50. Y0. X56.** // Обрабатываем радиусную поверхность.

G03 – включает режим обработки радиусной поверхности.

R50 – радиус обрабатываемой поверхности.

Y0. X56. – конечная точка обрабатываемой поверхности (куда должен прийти инструмент).

**G01 X50. Y0. F20** // Отвод инструмента шпинделя от заготовки.

**G00 X-56. Y0. M05** // Отвод инструмента на нулевую позицию и выключаем вращение шпинделя.

**M30** // Конец программы. M30 сообщает станку о конце программы.

### **Вопросы для контроля**

1. Какие функции для работы с датами и временем доступны в ЧПУ HAAS?
2. Какие функции управления памятью доступны в ЧПУ HAAS?
3. Какие команды используются для работы с сетью и Интернетом в ЧПУ HAAS?
4. Какие структуры данных поддерживает ЧПУ HAAS?
5. Какие функции доступны для работы с базами данных в ЧПУ HAAS?
6. Какие операции доступны для работы с файловой системой в ЧПУ HAAS?
7. Какие функции доступны для работы с графическими элементами в ЧПУ HAAS?
8. Какие инструменты доступны для создания пользовательских интерфейсов в ЧПУ HAAS?
9. Какие функции доступны для работы с шифрованием и защитой данных в ЧПУ HAAS?
10. Какие функции доступны для работы с аппаратным обеспечением в ЧПУ HAAS?



## Модуль 3. M-КОДЫ

### Тема 3.1. Основные группы M-кодов

«M-коды – это команды станка, не связанные с движением осей. Формат M-кода – это буква M, за которой следуют две цифры, например, M03. В каждой строке кода может быть запрограммирован только один M-код. Все M-коды действуют в конце блока.

#### **M00 Останов программы**

Код M00 используется для остановки программы. Он останавливает оси, шпиндель, выключает СОЖ (в том числе СОЖ, пропускаемый через шпиндель). При просмотре в редакторе программ следующий блок (после M00) будет выделен. При нажатии **CYCLE START** (запуск цикла) выполнение программы продолжится с выделенного блока.

#### **M01 Дополнительный останов программы**

Действие M01 аналогично действию M00, но происходит только при включении функции **OPTIONAL STOP** (дополнительный останов).

#### **M02 Конец программы**

Код M02 используется для завершения программы. Обратите внимание, что самый распространенный способ завершить программу – код M30» [8].

#### **M03/M04/M05 Команды управления шпинделем**

«M03 включает движение шпинделя в направлении вперед. M04 включает движение шпинделя в направлении назад. M05 останавливает шпиндель. Скорость шпинделя контролируется адресным кодом S, например, S5000 – команда скорости шпинделя 5000 оборотов в минуту» [8].

#### **«M06 Смена инструмента» [8]**

«Код M06 используется для смены инструмента, например, M06 T12 устанавливает в шпиндель инструмент 12. Если шпиндель работает, то шпиндель и СОЖ (в том числе TSC) будут остановлены командой M06» [8].

### **«M07 Душ СОЖ» [8]**

«Данный М-код активирует дополнительный насос душа СОЖ. Этот насос отключается кодом M09, который также отключает стандартный насос СОЖ. Дополнительный душ СОЖ отключается автоматически перед сменой инструмента или сменой спутника и включается автоматически, если он находился в положении ON (ВКЛ) перед последовательностью смены инструмента» [8].

### **«M08 Включение СОЖ / M09 Выключение СОЖ» [8]**

«Код M08 включает дополнительную систему подачи СОЖ, а код M09 – выключает» [8]. Смотрите также M34/ M35 о дополнительном P-Cool (СОЖ под давлением) и M88/89 о дополнительном охлаждении через шпиндель.

«M10 включает тормоз 4-й оси/M11 выключает тормоз 4-й оси. Эти коды включают и выключают тормоз дополнительной четвертой оси. В нормальном состоянии тормоз включен, поэтому команда M10 требуется, только если был применен код M11 для отключения тормоза» [8].

### **«M12 Включает тормоз 5-й оси / M13 Выключает тормоз 5-й оси» [8]**

«Эти коды включают и выключают тормоз дополнительной 5-й оси. В нормальном состоянии тормоз включен, поэтому команда M12 требуется, только если был применен код M13 для отключения тормоза» [8].

### **«M16 Смена инструмента» [8]**

«Этот М-код ведет себя так же, как M06. Однако M06 – более предпочтительная команда смены инструмента» [8].

### **M17 Отпускание паллеты APC и открытие двери APC / M18 Зажатие паллеты и закрытие двери**

Этот М-код используется в центрах вертикальной обработки с устройствами смены паллет. Он используется только как функция для обслуживания и испытания. Смена паллет должна выполняться только командой M50.

### **«M19 Ориентация шпинделя (величины P и R – дополнительно)» [8]**

«Этот код используется для установки шпинделя в фиксированное положение. Однако если шпиндель не оборудован этой допол-

нительной функцией, он будет ориентироваться только в положение нуля градусов» [8].

Дополнительная функция Orient Spindle (ориентация шпинделя) делает возможным использование адресных кодов Р и R. Например, M19 P270 ориентирует шпиндель в положение 270 градусов.

Величина R позволяет программисту указать до четырех десятичных разрядов, например, M19 R123.4567.

### **Дополнительная пользовательская М-функция M21–M28 с М-ребром**

М-коды от M21 до M28 являются дополнительными для пользовательских реле; каждый М-код активирует одно из дополнительных реле. Клавиша RESET (сброс) прекращает любую операцию, ожидающую окончания работы дополнительного оборудования, активируемого при помощи реле. См. также M51–58 и M61–68.

Некоторые или все реле M21–25 (M21–M22 на фрезерных станках Toolroom, Office и Mini) на плате ввода/вывода могут быть задействованы для опций изготовителя. Чтобы узнать, какие реле задействованы, осмотрите их и определите, какие провода подключены к реле. Обратитесь к своему дилеру за дополнительной информацией.

#### **«Реле М-кода» [8]**

«Эти выходы можно использовать для активации датчиков, вспомогательных насосов, зажимных устройств и т. д. Вспомогательные устройства имеют электрическое соединение с клеммной колодкой для конкретного реле. Клеммная колодка имеет положения: нормально разомкнутое (NO), нормально замкнутое (NC) и общее (COM)» [8].

#### **Дополнительные реле 8М-кода**

Дополнительные реле М-кодов приобретаются блоками по 8 штук [8].

На станке может устанавливаться до двух релейных плат 8М-кода, обеспечивающих 16 дополнительных выходов.

В системе HAAS может быть всего 4 блока по 8 реле, которые имеют номера от 0 до 3. Блоки 0 и 1 – внутренние по отношению к главной плате ввода/вывода. Блок 1 включает реле M21–25 в верхней части платы ввода/вывода. Блок 2 обращается к печатной пла-

те первой опции 8M. Блок 3 обращается к печатной плате второй опции 8M.

Одновременно возможно обращение только к одному блоку выходов с M-кодами. Контролируется параметром 352.

### **Выбор блока реле**

Доступ к реле в неактивированных блоках возможен только при помощи макропеременных или M59/69. Заводская настройка параметра 352 – «1».

### **«M30 Завершение программы и ее сброс» [8]**

«Код M30 используется для остановки программы. Он останавливает шпиндель и выключает СОЖ (в том числе охлаждение через шпиндель), и курсор возвращается к началу программы» [8]. M30 отменяет коррекции на длину инструмента.

### **M31 Конвейер стружек вперед / M33 Остановка конвейера стружек**

M31 запускает двигатель дополнительного конвейера стружек в направлении вперед – в направлении удаления стружек из станка. Конвейер не будет работать, если открыта дверь. Рекомендуется использовать конвейер стружек с перерывами. Непрерывная работа приведет к перегреву двигателя.

Пуск и останов транспортера удаления стружки также запустят операцию смыва дополнительного транспортера.

### **M33 останавливает движение транспортера.**

### **M34 Инкремент СОЖ / M35 Декремент СОЖ**

M34 перемещает трубку подачи СОЖ высокого давления программируемой СОЖ (P-Cool) на одно положение от текущего положения (дальше от исходного положения).

**M35 перемещает втулку СОЖ на одно положение к начальному положению.**

### **M36 Готовность детали для смены паллеты**

Используется на станках с устройствами смены паллет. Этот M-код задерживает смену паллеты до отпускания клавиши **PART READY** (деталь готова). Смена паллеты происходит при отпускании клавиши готовности к смене паллеты (и закрытых дверях).

Например:

Onnnnn (номер программы).

**M36 (мигает индикатор Part Ready (деталь готова), ожидание нажатия кнопки).**

### **M39 Вращение револьверной головки инструментов**

Смена инструмента должна производиться по команде M06. M39 обычно не требуется, но используется для диагностических целей либо для восстановления после аварийной остановки инструмента.

Код **M39** используется для поворота устройства смены инструмента с боковым креплением без смены инструмента. Номер желаемого инструментального гнезда (Tn) необходимо запрограммировать до M39.

### **«M41/M42 Коррекция низшей/высшей передачи» [8]**

«На станках с трансмиссией команда M41 используется для удержания станка на низшей передаче, а M42 – на высшей передаче. Обычно скорость шпинделя (Snnn) определяет, которая передача должна быть включена» [8].

### **M46 Переход, если спутник загружен**

Этот код M вызывает переход системы управления к номеру строки, заданному кодом P, если спутник, заданный кодом Q, в настоящий момент загружен.

Пример: M46Qn Pnn

Переход к строке nn в текущей программе, если спутник n загружен, иначе – переход к следующему блоку.

### **M48 Проверка достоверности текущей программы**

Этот код M используется как защита для станков со сменой спутников. Будет выдан сигнал об ошибке 909 (910), если текущая программа (спутник) не внесена в таблицу циклограммы спутников.

### **M49 Задать состояние спутника**

Этот код M устанавливает, что состояние спутника, заданное кодом P, соответствует значению, заданному кодом Q. Возможные коды Q – это 0 – очередность не задана; 1 – очередность задана; 2 – загружен; 3 – выполнено; от 4 до 29 – задаются пользователем.

Состояние спутника только для целей индикации. Работа системы управления не зависит от того, какое он имеет конкретное значение, но если оно равно 0, 1, 2 или 3, система управления обновит его соответственно.

Пример: M49Pnn Qmm

Для состояния спутника nn задает значение mm.

Без P-кода эта команда устанавливает состояние спутника, загруженного в настоящий момент.

### **M50 Выполнить смену паллет**

Используется со значением P или таблицей циклограммы спутников для выполнения смены спутника. Также см. раздел «Устройство автоматической смены спутников».

### **M51–M58 Установка дополнительных пользовательских M-кодов**

Коды от M51 до M58 являются дополнительными для пользовательских интерфейсов. Они активируют одно из реле и оставляют его активным. Чтобы выключить их, пользуйтесь M61-M68. Клавиша **RESET** (сброс) выключает все эти реле.

Подробнее о реле M-кодов смотрите в разделе о параметрах M21-M28.

### **M59 Включить выходное реле**

Этот M-код включает реле. Пример его использования – **M59 Pnn**, где nn – номер включаемого реле. Команда M59 может использоваться для включения любого из дискретных выходных реле в диапазоне от 1100 до 1155. При использовании макроса M59 P1103 делает то же, что происходит при использовании дополнительной макрокоманды #1103=1, но только его обработка происходит в конце строки кода.

### **M61–M68 Очистка дополнительных пользовательских M-кодов**

Коды с M61 по M68 – дополнительные коды пользовательского интерфейса. Они выключают одно из реле. Чтобы включить их, пользуйтесь M51–M58. Клавиша **RESET** (сброс) выключает все эти реле. Подробнее о реле M-кодов смотрите в разделе о параметрах M21–M28.

### **M69 Сбросить выходное реле**

Этот M-код выключает реле. Пример его использования – **M69 Pnn**, где nn – номер выключаемого реле. Команда M69 может использоваться для выключения любого из дискретных выходных реле в диапазоне от 1100 до 1155. При использовании макроса M69 P1103 делает то же, что происходит при использовании дополнительной макрокоманды #1103=0, но только его обработка происходит в конце строки кода.

### **M75 Установка опорной точки G35 или G136**

Этот код используется для установки опорной точки для команд G35 и G136. Он должен располагаться после функции датчика.

### **M76 Дисплей управления выключен / M77 Дисплей управления включен**

Эти коды используются для выключения и включения экранного дисплея. Этот M-код удобен при выполнении большой сложной программы, так как обновление экрана занимает вычислительную мощность, которая иначе может оказаться нужной для команд перемещений станка.

### **M78 Аварийное сообщение в случае сигнала пропуска**

Этот M-код используется с датчиком. M78 генерирует аварийное сообщение, «если запрограммированная функция пропуска (G31, G36 или G37) получает сигнал от датчика. Это используется, когда сигнал о пропуске не ожидается и может указывать на аварийную остановку датчика. Этот код можно расположить на той же строке, что и G-код пропуска, или в любом последующем блоке» [8].

### **M79 Сигнал об ошибке, если сигнал пропуска не обнаружен**

Этот M-код используется с датчиком. M79 генерирует аварийное сообщение, «если запрограммированная функция пропуска (G31, G36 или G37) не получает сигнал от датчика. Это используется, когда отсутствие сигнала пропуска означает ошибку в расположении датчика. Этот код можно расположить на той же строке, что и G-код пропуска, или в любом последующем блоке» [8] (рис. 14).

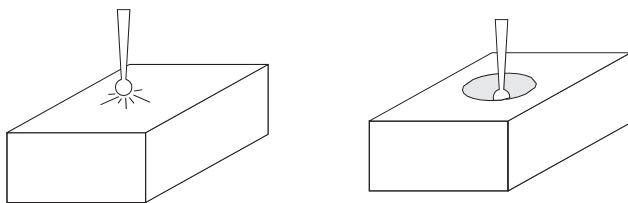


Рис. 14. Контактное определение статуса «сигнал обнаружен» и «сигнал не обнаружен» [8]

**«M80/M81 Открывание/закрывание автоматической двери» [8]**

«M80 открывает автоматическую дверь, а M81 закрывает автоматическую дверь. Подвесная клавиатура управления будет издавать звуковой сигнал, когда дверь будет двигаться» [8].

**«M82 Разжим инструмента» [8]**

«Этот код используется, чтобы отпустить инструмент из шпинделя. Он используется только как функция для обслуживания и испытания. Смена инструмента должна производиться по команде M06» [8].

**M83 Включение автоматического устройства продувки воздухом / M84 Выключение автоматического устройства продувки воздухом**

M83 включает автоматическое устройство продувки воздухом, а M84 выключает его. Кроме того, M83 Pnnn (где pnn – в миллисекундах) включает его на указанное время, а затем автоматически выключает. Автоматический пневмопистолет также включается и выключается вручную нажатием Shift с последующим нажатием кнопки Coolant (СОЖ).

**«M86 Зажим инструмента» [8]**

«Этот код зажимает инструмент в шпинделе. Он используется только как функция для обслуживания и испытания. Смена инструмента должна производиться по команде M06» [8].

**M88 Включение охлаждения через шпиндель / M89 Выключение охлаждения через шпиндель**

Код M88 используется для включения опции охлаждения через шпиндель (TSC), а M89 – для ее выключения.



Перед использованием системы TSC должны быть установлены соответствующие инструменты (со сквозным отверстием). Использование неподходящих инструментов приведет к переполнению шпиндельной головки СОЖ и аннулированию гарантии. Не рекомендуется использовать команду M04 (возврат шпинделя) при наличии СОЖ.

### **M95 Спящий режим**

Режим ожидания по сути является долгой паузой. Спящий режим можно использовать, если пользователю необходимо, чтобы станок начал разогреваться и был готов к работе к приходу операторов. Формат команды M95: M95 (чч:мм).

«В комментарии сразу после M95 должны содержаться часы и минуты, в течение которых станок должен находиться в режиме ожидания. Например, если текущее время 6 часов вечера и пользователь хочет, чтобы станок находился в режиме ожидания до 6:30 утра следующего дня, используются следующие команды:

### **M95 (12:30)**

Строка или строки, следующие за M95, должны быть командами движения осей и прогрева шпинделя» [8].

### **M96 Переход при отсутствии входного сигнала**

**P** Блок программы, к которому следует перейти при выполнении условия

**Q** Дискретная входная переменная для тестирования (от 0 до 63).

Этот код используется для тестирования дискретного входного сигнала на состояние 0 (выключено).

Это удобно для проверки состояния автоматической остановки обработки или других дополнительных средств, которые генерируют сигнал для системы управления. Величина Q должна быть в диапазоне от 0 до 63, что соответствует входам на диагностическом дисплее (верхний левый вход 0, а правый нижний вход 63. Когда данный блок программы выполняется и входной сигнал, заданный Q, имеет значение 0, выполняется блок программы Pnnnn (строка Pnnnn должна быть в той же программе.)

### **«M97 Вызов локальной подпрограммы» [8]**

«Код используется для вызова подпрограммы, обозначаемой номером строки (N) в той же программе. Этот код необходим, и он должен совпадать с номером строки в той же программе. Это удобно для простых подпрограмм внутри программы; этот код не требует отдельной программы» [8].

«Подпрограмма должна заканчиваться M99. Код Lnn в блоке M97 приводит к повторению вызова подпрограммы nn раз» [8].

### **«M98 Вызов подпрограммы» [8]**

«Этот код используется для вызова подпрограммы, его формат M98 Pnnnn (Pnnnn – это номер вызываемой программы). Подпрограмма должна быть в списке программ, и она должна содержать M99 для возврата в основную программу. В одной строке с M98 можно установить счетчик Lnn, что приведет к вызову подпрограммы nn раз перед переходом к следующему блоку» [8].

### **M99 Возврат из подпрограммы или цикл**

Этот код используется для возврата в главную программу из подпрограммы или макроса, его формат M99 Pnnnn (Pnnnn – это строка в основной программе, к которой следует вернуться). При использовании в основной программе это заставит основную программу выполнить возврат к началу цикла без остановки.

### **M99 с макросом**

Если станок оборудован дополнительными макросами, используйте глобальную переменную для указания блока для перехода, добавив в подпрограмму #nnn=dddd в подпрограмме, а затем воспользовавшись M99 P#nnn после вызова подпрограммы. Пример M99 (Pexecutes the next program block) отработки блока программы:

**M99 M98 P2500 L1000; (вызов подпрограммы 2500, повтор 1000 раз)**

### **M104 Выдвижение рычага измерительной головки / M105 Отвод рычага измерительной головки**

Используется в программе для выдвижения или отвода рычага измерительной головки.

### «M109 Диалоговые данные пользователя» [8]

«Этот M-код позволяет программе из G-кодов выводить на экран короткое приглашение (сообщение)» [8]. Макропеременная в диапазоне от 500 до 599 должна быть указана P-кодом. «Программа может получить очертания любого символа, который может быть введен с клавиатуры, сравнив его с десятичным эквивалентом ASCII-символа (G47, гравирование текста, имеет список ASCII-символов)» [8].

### Настройки

Страницы настроек содержат значения, которые управляют работой станка и которые пользователю, вероятно, потребуется изменять. Большинство настроек могут меняться оператором. Слева перед ними есть короткое описание, а значение – справа.

Экранные настройки организованы в страницы функционально родственных групп. Это помогает пользователю запомнить расположение конкретных настроек и уменьшает время работы с экраном настроек. Следующий список разделен на группы страниц с заголовками.

Используйте клавиши вертикального перемещения курсора для перехода к нужным настройкам. В зависимости от настройки ее можно изменить, введя новое числовое значение, или, если настройка принимает заданные значения, выбрать значения нажатием клавиш курсора для горизонтального перемещения. Чтобы ввести или изменить значение, нажмите клавишу **WRITE** (запись). Сообщение вблизи верха экрана выдает информацию о том, как изменить выбранную настройку.

M-коды в стойках HAAS используются для выполнения специальных функций и операций в процессе обработки на станке. Они помогают управлять аспектами работы станка, такими как остановка и запуск двигателей, управление осями, включение и выключение различных устройств и т. д. Ниже приведены некоторые примеры M-кодов и их назначение:

M3/M4: включение шпинделя вращения в одну сторону (по часовой стрелке – M3, против часовой стрелки – M4);

M5: выключение шпинделя;

М6: смена инструмента;

М8/М9: включение/выключение охлаждающей жидкости;

М30: остановка программы и возврат станка в начальное положение;

М79: выключение всех осей.

Это только несколько примеров М-кодов, доступных в стойках HAAS. Использование этих кодов позволяет программировать более сложные и точные операции на станке и придает большую гибкость в управлении процессом обработки.

## **Практическая работа 6**

### **Загрузка программы со съемного носителя**

**Форма проведения** – практическое занятие.

**Цель** – научиться создавать и переносить программу с компьютера.

**Задача** – согласно методическим рекомендациям выполнить подготовку, а затем настройку стойки ЧПУ HAAS и выполнить загрузку программы в ее память.

### **Теоретические сведения**

«Сначала потребуется выбрать и тщательно настроить под ваш станок необходимое ПО САМ (Computer-aided manufacturing – система автоматизированного производства) – специальную программу, работающую с подготовленными в САД проектами.

CAD (Computer-aided design – система автоматизированной разработки) – программное обеспечение для проектирования, позволяющее создавать трехмерные объекты на основе заданных данных и редактировать их. Созданные в САД проекты используются в САМ непосредственно для работы с оборудованием. САМ-программа конвертирует цифровые объекты в понятные станку команды в формате G-code. G-code – это непосредственно управляющая программа для станков с ЧПУ – набор команд для оборудования. Зачастую САД/САМ поставляются в виде одного программного пакета либо заранее подготовлены для простой интеграции в программно-аппаратные комплексы и совместной работы.

Самые популярные и функциональные CAD/CAM-программы отличаются сложностью и требуют серьезной подготовки оператора. Не стремитесь сразу установить себе «самый популярный САМ», попробуйте сначала сделать несколько деталей с более простым пакетом. То, что вы узнаете по ходу дела, значительно облегчит освоение более функционального и сложного ПО.

Для совместимости САМ-программы со станком и правильной обработки кода иногда необходимо применение программ-конвертеров Post или Post Processor. Если не использовать соответствующий пост-процессор, то можно получить G-code, который выглядит хорошо, но дает странные результаты при его запуске на станке» [8].

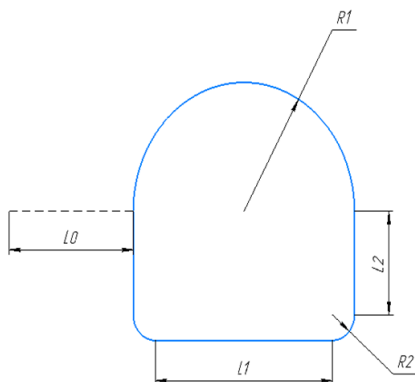
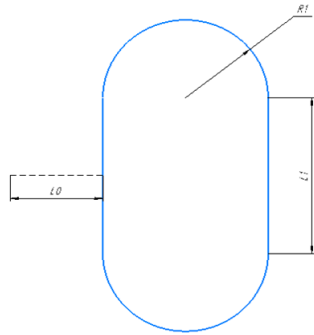
«Стоит также заметить, что помимо САМ-программ существуют еще и программы прямого управления (machine controller) станком с ЧПУ, передающие, например, движение мышки или пера непосредственно на контроллер станка» [8].

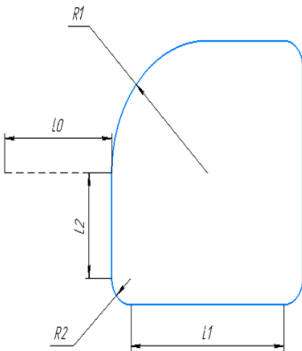
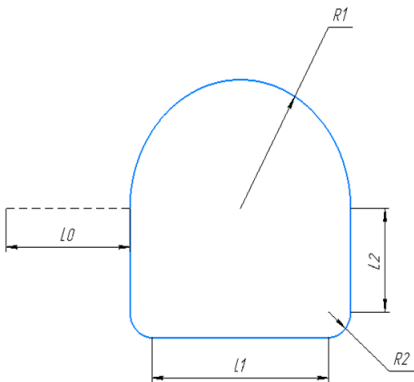
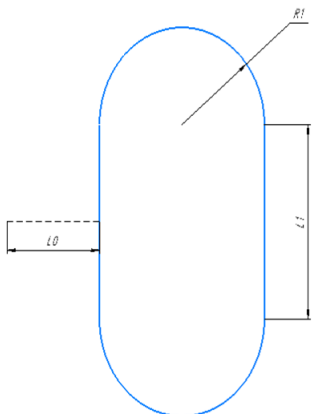
### Программа работы

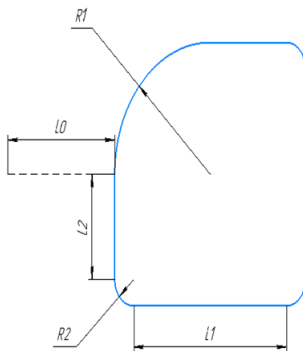
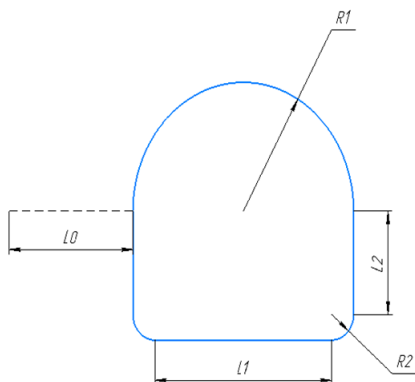
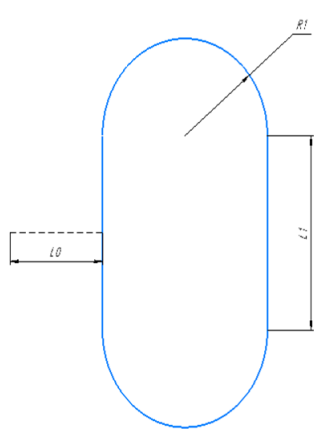
1. Запись программы ведётся в стандартной программе «блокнот».
2. Напишите программу согласно вашему варианту.
3. Оформите программу согласно заданному примеру (название программы – ваша фамилия).
4. Сохраните программу в формате .nc (название программы должно быть стандартным Oxxxx.nc, где x – 5-значный номер программы).
5. Перенесите созданный файл на носитель и подключите к стойке через порт USB, находящийся справа.
6. Перейдите в директорию расположения программы кнопкой **LIST PROGRAM**.
7. Перейдите к выбору носителя программы клавишей **CANSEL** и выберите необходимое устройство (USB-девайс) с помощью клавиш курсора и подтвердите клавишей **ENTER**.
8. Найдите в директории ранее записанную программу.
9. Перенесите программу в директорию памяти станка клавишей **F2** и подтвердите, если требуется, клавишей **Y** (yes).
10. Перейдите в директорию станка (7 пункт) и найдите скопированную программу.

11. Запустите программу на станке, выполнив настройку согласно данным таблицы вариантов заданий.
12. Для проверки правильности написанной программы запустите визуализацию двумя нажатиями клавиши **SETTING/GRAPHIC**.

### Варианты заданий

Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
1		10	30	10	18	3
2			40	20	26	6
3			50	25	33	8
4		20	50		20	
5			70	—	30	—
6			90		40	

Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
7		30	20	10	15	5
8			30	15	25	10
9			40	20	35	15
10		11	34	10	18	3
11			44	20	26	6
12			54	25	33	8
13		22	55	—	20	—
14			75	—	30	—
15			95	—	40	—

Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
16		33	26	10	15	5
17			36	15	25	10
18			46	20	35	15
19		15	35	10	18	3
20			45	20	26	6
21			55	25	33	8
22		25	57	20		
23			77	—	30	—
24			97	40		



Вариант	Контур обработки	L0	L1	L2	R1	R2
25		35	29	10	15	5
26			39	15	25	10
27			49	20	35	15

### Пример программы к данному заданию

%

O01337 (IVANOV)

G90 G54 G00 X40. Y0.

G01 S1000 F200 M03

X56. Y0.

Y-50.

X156.

Y0.

G03 R50. Y0. X56.

G01 X50. Y0. F20

G00 X-56. Y0. M05

M30

%

### Вопросы для контроля

1. Какие методы доступны для работы с мультимедиа в ЧПУ HAAS?
2. Какие функции доступны для работы с вводом пользователя в ЧПУ HAAS?
3. Какие команды используются для управления внешними устройствами в ЧПУ HAAS?
4. Какие операции доступны для работы с текстовыми данными в ЧПУ HAAS?
5. Какие функции доступны для работы с алгоритмами и структурами данных в ЧПУ HAAS?
6. Какие методы доступны для работы с параллельными вычислениями в ЧПУ HAAS?
7. Какие функции доступны для работы с операционной системой в ЧПУ HAAS?
8. Какие инструменты доступны для создания и отладки многопоточных приложений в ЧПУ HAAS?
9. Какие функции доступны для работы с базовыми операциями в ЧПУ HAAS?
10. Какие средства доступны для создания и отладки сетевых приложений в ЧПУ HAAS?

## Модуль 4. ПРИМЕРЫ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

### Тема 4.1. Программирование контурной обработки детали «вал ступенчатый»

Представлен фрагмент управляющей программы по обработке контура, изображенного на рис. 15, вала ступенчатого за один проход, что соответствует чистовой проточке предварительно обработанной заготовки [12] (см. таблицу).

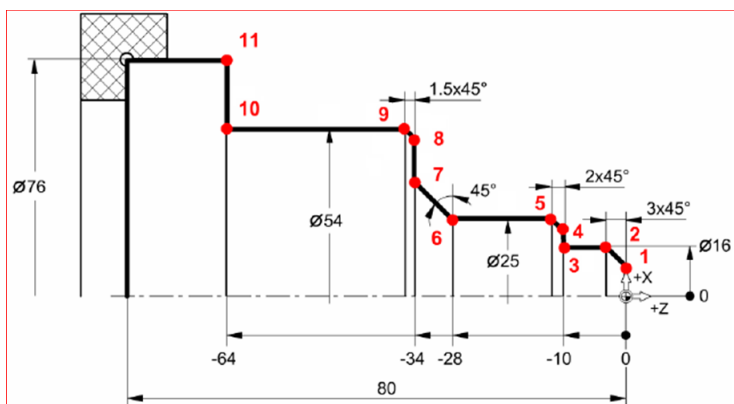


Рис. 15. Эскиз детали «вал ступенчатый» [12]

#### Управляющая программа [12]

Код	Расшифровка
G54	Смещение нуля детали по G54
G50 S3500	Ограничение максимальной частоты вращения 3500 об/мин
T303	Установка инструмента № 3, включение корректора № 03
G96 S200	Постоянство скорости резания, скорость резания $S = 200$ м/мин

Код	Расшифровка
M3	Направление вращения – на оператора
F0.3	Подача 0,3 мм/об
M8	Включение подачи СОЖ
G0 X20. Z0	Подвод инструмента к заготовке
G1 X-1.6	Подрезка торца с перебегом за ось вращения для срезания бобышки
G1 Z1.	Отвод инструмента от торца
G0 X10.	Выход по оси X в начальную точку фаски
G1 Z0	Подход к торцу детали (точка 1)
G1 X16. Z-3.	Обработка фаски 3×45° (точка 2)
G1 Z-10.	Проточка диаметра 16 мм на длину 10 мм (точка 3)
G1 X21.	Выход в начальную точку обработки фаски 2×45° (точка 4)
G1 X25. A135.	Обработка фаски 2×45° (точка 5). A135 угол фаски (конуса). Угол отсчитывается от положения стрелки на циферблате часов на 3 часа. Положительное направление против часовой стрелки
G1 Z-28.	Проточка диаметра 25 мм (точка 6)
G1 U12. Z-34.	Обработка конуса с перемещением по оси X в относительной системе (точка 7)
G1 X51.	Выход в начальную точку фаски (точка 8)
G1 X54. A-45.	Обработка фаски 1,5×45° (точка 9). A-45. При задании угла с отрицательным знаком угол отсчитывается от положения стрелки на циферблате часов на 9 часов. Знак минус говорит об отсчёте угла по часовой стрелке
G1 Z-64.	Проточка диаметра 54 мм на длину 64 мм (точка 10)
G1 X76.	Обработка торца в диаметр 76 мм (точка 11)

## Тема 4.2. Программирование обработки детали «вал ступенчатый» с круговой интерполяцией

Представлен фрагмент управляющей программы (см. таблицу) по обработке контура, изображенного на рис. 16, вала ступенчатого за один проход, что соответствует чистовой проточке предварительно обработанной заготовки.

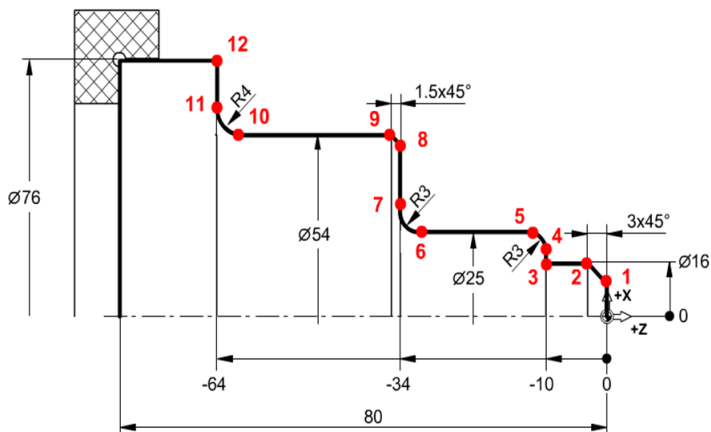


Рис. 16. Эскиз детали «вал ступенчатый» [12]

### Управляющая программа [12]

Код	Расшифровка
G54	Смещение нуля детали по G54
G50 S2500	Ограничение максимальной частоты вращения 2500 об/мин
T505	Установка инструмента № 5, включение корректора № 05
G96 S220	Постоянство скорости резания, 220 м/мин
M3	Направление вращения на оператора
F0.35	Подача 0,35 мм/об

Код	Расшифровка
M8	Включение подачи СОЖ
G0 X20. Z0	Подвод инструмента к заготовке
G1 X-1.6	Подрезка торца с перебегом за ось вращения
G1 Z1.	Отвод инструмента от торца
G0 X10.	Выход по оси X в начальную точку фаски ( $16 - 2 \times 3 = 10$ )
G1 Z0	Подход к торцу детали (точка 1)
G1 X16. Z-3.	Обработка фаски $3 \times 45^\circ$ (точка 2)
G1 Z-10.	Проточка диаметра 16 мм на длину 10 мм (точка 3)
G1 X19.	Вход в начальную точку обработки дуги R3 ( $25 - 2R = 19$ ) (точка 4)
G3 X25. Z-13.I 0 K-3.	Обработка дуги против часовой стрелки с R3 мм (точка 5)
G1 Z-31.	Проточка диаметра 25 мм, выход в начальную точку обработки дуги ( $34 - 3 = 31$ , точка 6)
G2 X31. Z-34. I 3. K0	Обработка дуги по часовой стрелке с R3 мм (точка 7)
G1 X51.	Выход в начальную точку фаски ( $54 - 2 \times 1,5 = 51$ , точка 8)
G1 X54. W-1.5	Обработка фаски $1 \ 45^\circ$ (точка 9)
G1 Z-60.	Проточка диаметра 54 мм до начала радиуса R4 (точка 10)
G2 X62. Z-64. R4.	Обработка дуги по часовой стрелке с R4 мм (точка 11)
G1 X76.	Обработка торца в диаметр 76 мм (точка 12)

### Тема 4.3. Программирование обработки детали «втулка»

Представлен фрагмент управляющей программы (см. таблицу) по обработке фаски точением и обработки сверлением внутреннего отверстия изображенной на рис. 17 детали типа «втулка».

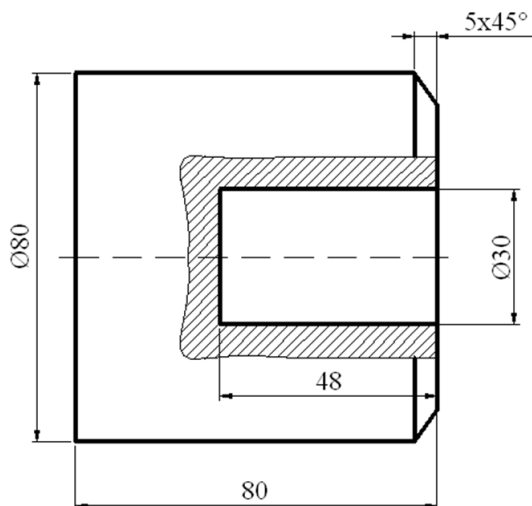


Рис. 17. Эскиз детали «втулка»

#### Управляющая программа [12]

Код	Расшифровка
G54	Смещение нуля детали по G54
G50 S3000	Ограничение максимальной частоты вращения 3000 об/мин
G28	Выход в ноль станка, на быстром ходу, сначала по оси +X, затем по оси +Z
T101	Установка инструмента № 5, включение корректора № 05
G96 S180 M4	Постоянство скорости резания, 180 м/мин, вращение от оператора

Код	Расшифровка
G0 X82. Z0	Подвод инструмента к заготовке на быстром ходу
G1 X-1.6 F0.2	Подрезка торца с перебегом за ось вращения для срезания бобышки
G1 Z1.	Отвод инструмента от торца
G0 X70.	Выход по оси X в начальную точку фаски ( $80 - 2 \times 5 = 10$ )
G1 Z0	Подвод инструмента к торцу детали
G1 X80. A-45.	Обработка фаски $1 \times 45^\circ$
G1 X82.	Отвод инструмента от детали
G28	Выход в ноль станка на быстром ходу, сначала по оси +X, затем по оси +Z
T606	Установка в рабочее положение инструмента № 6 (сверло $\varnothing 30$ мм), включение корректора № 06
G97 S1500 M3	Отмена постоянства скорости резания. Программирование частоты вращения в об/мин, частота вращения 1500 об/мин, направление вращения на оператора
G0 X0 Z2.	Подвод сверла в начальную точку обработки на быстром ходу
G81 Z-48. F0.1	Цикл сверления на глубину 48 мм с подачей 0,1 мм/об. После цикла инструмент автоматически вернется в исходную точку с координатами X0 Z2
G28	Выход в ноль станка на быстром ходу, сначала по оси +X, затем по оси +Z
M30	Конец программы с выключением оборотов и СОЖ, возврат курсора в начало программы



## Тема 4.4. Программирование обработки детали типа «ось»

Выполняется программная обработка детали типа «ось». Согласно эскизу (рис. 18), обрабатываются ступенчатые внутренние отверстия, прорезка канавок с использованием подпрограмм (см. таблицу). Заготовка имеет размеры: диаметр 90 мм, длина 120 мм с предварительно обработанной базой – диаметр 80 мм на длину 42 мм.

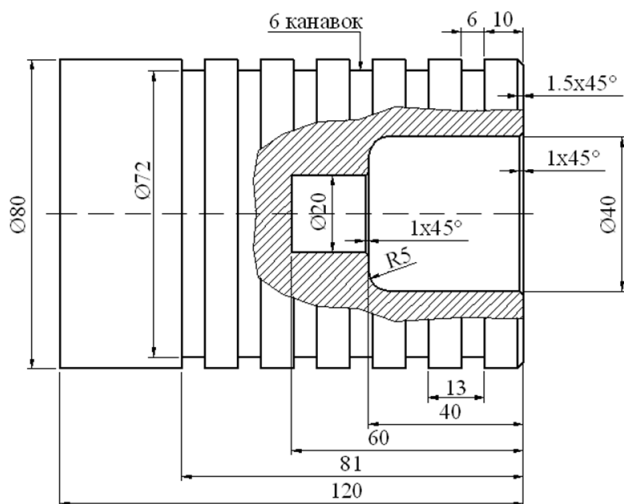


Рис. 18. Эскиз детали «ось»

### Управляющая программа [12]

Код	Расшифровка
G54	
G28	
T101 F0.3	Проходной упорный резец № 1, корректор № 01
G96 S200 M03	

Код	Расшифровка
G00 X95. Z5. M08	
G72 P10 Q15 D1.5 F0.3	Подрезка торца с глубиной резания 1,5 мм за проход. Контур описывается между метками № 10 – № 15
N10 G01 Z0	Начало описания контура для торцовки
G01 X-1.6	
N15 G01 Z5.	Конец описания контура для торцовки
G00 X90.	
G00 Z1.	
G71 P20 Q25 D2.5 F0.3	Обработка $\varnothing 80$ на длину 120 мм. Контур описывается между метками № 20 – № 25
N20 G01 X77.	Начало описания контура продольного течения
G01 G42 Z0	Подход к контуру, коррекция радиуса справа от контура
G01 X80. W-1.5	
G01 Z-80.	
N25 G01 G40 X90.	Конец контура, отмена коррекции радиуса инструмента
G54	
G50 S3500	
G28	
T606	Сверло $\varnothing 20$ мм
G97 S1200 M03	Частота вращения 1200 об/мин, вращение на оператора

Код	Расшифровка
G00 X0 Z10.	
G83 Z-60. R3.Q15. F0.1 P0.5	Цикл глубокого сверления
<p>Z-60. – конечная точка сверления.  R3. – точка начала работы по циклу (фактически это точка Z3).  Подход из Z10. в Z3 будет осуществлён на быстром ходу.  Q15. – глубина сверления за проход 15 мм.  F0.1 – рабочая подача при сверлении 0,1 мм/об.  P0.5 – выдержка времени в конечной точке сверления 0,5 с.  По окончании отработки по циклу сверло будет выведено в начальную точку обработки (X0 Z3.)</p>	
G28	
T707	Расточной резец
G96 S200 M04	
G00 X20. Z2.	Выход в начальную точку обработки
G71 P30 Q35 D2. F0.2	Многопроходный продольный цикл (расточивание)
N30 G01 X40.	Начало описания контура
G01 G41 Z0	Коррекция радиуса инструмента слева от контура
G01 Z-35.	Выход в начальную точку обработки радиуса R5.
G03 X30. Z-40. R5.	
G01 X20.	
N35 G1 G40 X19.	Конец описания контура, отключение коррекции радиуса инструмента, отвод инструмента от контура
G28	
T1010»	Отрезной резец, ширина 3 мм (привязка по левой кромке резца)

Код	Расшифровка
G96 S120 M04	
G00 X82. Z0	
M97 P100 L6	Вызов подпрограммы
<p>P100 – номер строки (в данном случае как метка, а не порядковый номер), с которой начинается подпрограмма.  L6 – количество повторов подпрограммы</p>	
G28	
M30	
N100	Метка начала подпрограммы
G00 W-10.	Смещение на величину расстояния между канавками $7 \text{ мм} + 3 \text{ мм} = 10 \text{ мм}$ (расстояние между канавками + ширина отрезного резца)
G75 X 72. W-3. K1.6 F0.1	Цикл прорезки цилиндрических канавок
<p>X 72. – диаметр дна канавки.  W-3. – величина смещения по Z (ширина резца 3 мм + смещение по Z 3 мм = 6 мм).  K1.6 – глубина резания за проход.  F0.1 – величина рабочей подачи</p>	
M99	Возврат из подпрограммы, управление будет передано на кадр, следующий за кадром вызова подпрограммы

## Тема 4.5. Программирование обработки детали типа «вал»

Приведена программная обработка детали типа «вал» (рис. 19) с применением циклов G71 и G70 (см. таблицу).

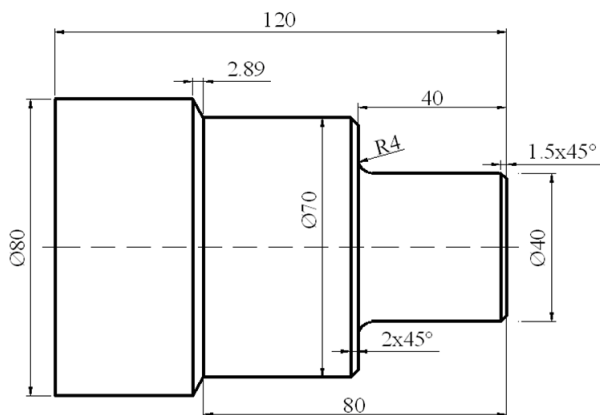


Рис. 19. Эскиз детали типа «вал»

### Пример управляющей программы [12]

Код	Расшифровка
G54	Смещение нуля детали по G54
G50 S3200	Ограничение максимальной частоты вращения 3200 об/мин
G28	Выход в ноль станка, на быстром ходу, сначала по оси +X, затем по оси +Z
T101	Установка инструмента № 1, включение корректора № 01
G96 S200 M4	Постоянство скорости резания, 200 м/мин, вращение от оператора
G0 X84. Z0 M8	Поход к торцу детали, включение СОЖ

Код	Расшифровка
G1 X-1.6 F0.2	Подрезка торца, подача 0,2 мм/об
G1 Z1.	Отвод инструмента от торца детали
G0 X80.	Перемещение на быстром ходу на диаметр заготовки
G71 P10 Q15 D2.5 U0.5 W0.2 F0.3	Многопроходный черновой цикл
<p>Описание контура детали с кадра № 10(P10) по кадр № 15(Q15).  D – глубина резания за проход 2,5 мм на радиус.  Припуск чистовой обработки:  U0.5 по оси X отступить от конечного контура на 0,5 мм в направлении «плюс»;  W0.2 по оси Z отступить от конечного контура на 0,2 мм в направлении «плюс».  F Подача для черновых проходов 0,3 мм/об.  В данном случае P и Q не являются порядковыми номерами кадров, а лишь условными метками, по которым идёт поиск контура для обработки</p>	
N10 G0 X37.	Метка начала контура. Подвод в точку начала обработки фаски 1,5×45°
G1 Z0 F0.15	Подвод к торцу детали, подача чистового прохода 0,15 мм/об
G1 X40. Z-1.5	Обработка фаски 1,5×45°
G1 Z-36.	Обточка >40 мм до начала радиуса R4
G2 X48. Z-40. R4.	Обработка R4 по часовой стрелке
G1 X66.	Выход в начальную точку обработки фаски 2×45°
G1 X70. W-2.	Обработка фаски 2×45°
G1 Z-80.	Обработка >70 мм

Код	Расшифровка
G1 X80. W-2.89	Обработка конуса. Координаты X описания детали не должны превышать положение инструмента перед циклом. Исключение составляет блок Q
N15 G0 X82.	– Конец описания контура детали для G71. – Отвод инструмента по окончании обработки. После окончания обработки инструмент возвращается в точку, заданную до начала цикла (X80. Z1.)
G28	Выход в ноль станка на быстром ходу, сначала по оси +X, затем по оси +Z
T303	Установка инструмента № 3, включение корректора № 03 (чистовой резец)
G96 S240 M4	Постоянство скорости резания, 240 м/мин, вращение от оператора
G0 X80. Z1. M8	Подвод в начальную точку обработки
<p>Внимание! При подводе инструмента к заготовке, перед циклом G70, обязательно выведите резец на максимальный диаметр, который будет обрабатываться по циклу, иначе при возврате в начальную точку обработки может произойти столкновение.</p> <p>После цикла инструмент возвращается в начальную точку на быстром ходу одновременно по двум координатам</p>	
G70 P10 Q15	Чистовая обработка контура между метками № 10(P10) и № 15(Q15)
G28	Выход в ноль станка на быстром ходу по +X, затем по +Z
M30	Конец программы с выключением оборотов и СОЖ, возврат курсора в начало программы

## ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

### Задание 5.1. Программирование обработки детали «вал ступенчатый»

Составьте управляющую программу детали (рис. 20) и отработайте ее на стойке HAAS, используя примеры программ 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5.

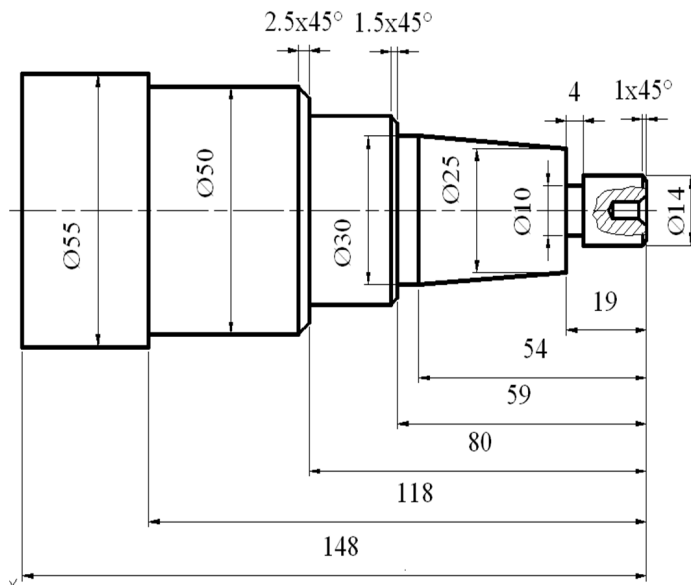


Рис. 20. Деталь «вал ступенчатый»

Материал детали – Сталь 40Х.



## Задание 5.2. Программирование обработки детали

### «вал конический»

Составьте управляющие программы для изготовления детали (рис. 21) и отработайте их на стойке HAAS, используя примеры программ 5.1, 5.2, 5.3, 5.4, 5.5.

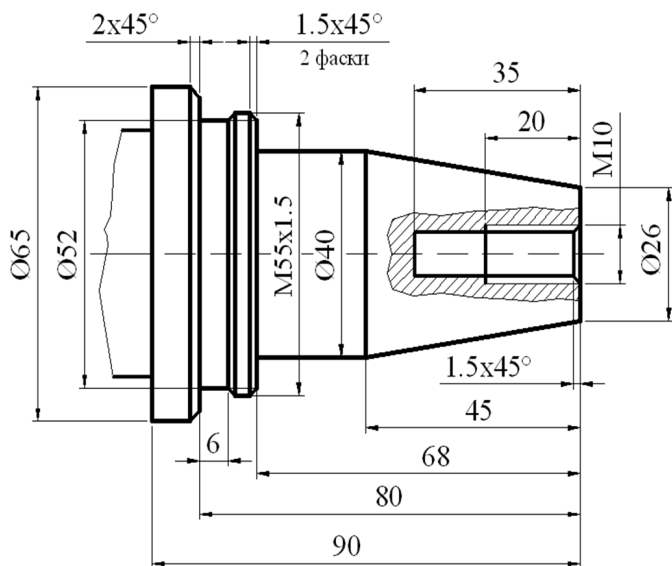


Рис. 21. Деталь «вал конический»

Материал детали – Сталь 30ХГН.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пособие предназначено для дополнительного обучения пользователей станков с ЧПУ, оснащенных стойкой HAAS. Материалы этого пособия в целом или в частности могут быть использованы для программирования других станков с ЧПУ.

В пособии рассмотрены основные принципы программирования станков, далее изложены приемы разработки управляющих программ работы на станках ЧПУ. Материал пособия структурирован так, чтобы теоретические знания были подкреплены практическими примерами.

Система ЧПУ HAAS предполагает автоматизированное выполнение механических операций с минимальным участием человека в производственном процессе. Для работы оборудования необходимо сформировать задание с параметрами обработки, перевести в формат кода с типовыми командами для ЧПУ и загрузить в устройство. После выполнения настроек оператору достаточно нажать клавишу запуска. При необходимости оператор, обслуживающий станок, может вызвать на дисплей справочные разделы.

Оператор может загружать в устройство чертеж, не прибегая к набору команд на дисплее. С этой функцией связана возможность многопроходной обработки в режиме 3D с разными вариантами позиционирования детали и инструмента в зависимости от задания. Процесс может быть выполнен в виде комплекса последовательных команд и операций с оптимизированным порядком перехода.

Эти и ряд других признаков эффективного использования программной обработки показаны в пособии на примерах с применением современных приемов подготовки управляющих программ станков с ЧПУ. Показано, как применяется модульный принцип построения архитектуры управляющего программного пакета, позволяющий масштабировать производство деталей и максимально использовать современные возможности техники.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Белов, П. С. Разработка управляющих программ для оборудования с числовым программным управлением : учеб. пособие / П. С. Белов, О. Г. Драгина, А. А. Бровченко. — Москва : Ай Пи Ар Медиа, 2024. — 86 с. — URL: [www.iprbookshop.ru/132845.html](http://www.iprbookshop.ru/132845.html) (дата обращения: 14.09.2023). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-4497-2332-1.
2. Варнавский, А. Н. Программное управление станками : учеб. пособие / А. Н. Варнавский. — Рязань : Рязанский государственный радиотехнический университет, 2015. — 66 с. — URL: [www.iprbookshop.ru/121825.html](http://www.iprbookshop.ru/121825.html) (дата обращения: 08.11.2023). — Режим доступа: по подписке.
3. Устройства программного управления в автоматизированном производстве : учеб. пособие / А. А. Гончаров, Н. В. Сурба, Е. Н. Велюжинец, Ю. Н. Петренко. — Минск : РИПО, 2017. — 271 с. — ISBN 978-985-503-660-0.
4. Мычко, В. С. Программирование технологических процессов на станках с программным управлением : учеб. пособие / В. С. Мычко. — Минск : Вышэйшая школа, 2010. — 287 с. — ISBN 978-985-06-1928-0.
5. Мычко, В. С. Технология обработки металла на станках с программным управлением : учеб. пособие / В. С. Мычко. — Минск : Вышэйшая школа, 2010. — 445, [1] с. — ISBN 978-985-06-1894-8.
6. Савицкий, Е. Е. Механическая обработка металла на станках с программным управлением (система управления FANUC серии 0i) : учеб. пособие / Е. Е. Савицкий. — Минск : РИПО, 2022. — 165 с. — ISBN 978-985-7253-08-1.
7. Сергеев, А. И. Программирование оборудования с числовым программным управлением : учеб. пособие / А. И. Сергеев, А. С. Русяев, А. А. Корнипаева ; Оренбургский государственный университет. — Оренбург : ОГУ, 2016. — 117 с. — URL: [www.iprbookshop.ru/61398.html](http://www.iprbookshop.ru/61398.html) (дата обращения: 08.11.2023). — Режим доступа: по подписке. — ISBN 978-5-7410-1539-1.

8. Руководство оператора фрезерного станка : Система управления следующего поколения : 96-RU8210 : редакция 1 : перевод оригиналов инструкций / Haas Automation Inc. — Oxnard : Haas Automation Inc., 2019. — XX, 488 с. — URL: [abamet-info.ru/stanki-pdf/haas/96-ru8210\\_mill.pdf](http://abamet-info.ru/stanki-pdf/haas/96-ru8210_mill.pdf) (дата обращения: 07.12.2023).
9. Сидорчик, Е. В. Разработка и исследование методов и алгоритмов оптимизации процесса обработки деталей и заготовок на станках с числовым программным управлением : специальность 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)» : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Сидорчик Елена Владимировна ; Северо-Кавказский горно-металлургический институт. — Владикавказ, 2014. — 228 с.
10. Программирование обработки на станках с ЧПУ // Технический справочник : [сайт]. — URL: [www.tekhnar.ru/chpu/gcod.html](http://www.tekhnar.ru/chpu/gcod.html) (дата обращения: 07.12.2023).
11. Программирование станков с ЧПУ с нуля до профи // Vektorus : [сайт]. — URL: [vektorus.ru/blog/programmirovanie-chpu.html](http://vektorus.ru/blog/programmirovanie-chpu.html) (дата обращения: 07.12.2023).
12. Дулькевич, А. О. Токарная и фрезерная обработка. Программирование систем ЧПУ HAAS в примерах : пособие / А. О. Дулькевич. — Минск : РИПО, 2016. — 70 с. — ISBN 978-985-503-547-4.

## ГЛОССАРИЙ

**Автоматическая работа системы (устройства) числового программного управления станком** (*E. Mode of operation, automatic*) – функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором обработка управляющей программы происходит с автоматической сменой кадров управляющей программы.

**Адаптивное числовое программное управление станком** (*E. Adaptive control*) – числовое программное управление станком, при котором обеспечивается автоматическое приспособление процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки по определенным критериям.

**Адрес в числовом программном управлении** – часть слова управляющей программы, определяющая назначение следующих за ним данных, содержащихся в этом слове.

**Аппаратное устройство числового программного управления станком** (*E. Numerical control. NC*) – устройство числового программного управления станком, алгоритмы работы которого реализуются схемным путем и не могут быть изменены после изготовления устройства.

**Ввод УП** – ввод данных в память устройства ЧПУ с программного носителя от ЭВМ верхнего ранга или с пульта оператора.

**Геометрическая информация** – информация, описывающая форму, размеры элементов детали и инструмента, их взаимное расположение на столе станка.

**Главный кадр управляющей программы в числовом программном управлении** – кадр управляющей программы, содержащий все данные, необходимые для возобновления процесса обработки заготовки после его перерыва. Примечание. Главный кадр управляющей программы обозначают специальным символом.

**Групповое числовое программное управление станками** (*E. Direct numerical control. DNC*) – числовое программное управление группой станков от ЭВМ, имеющей общую память для хранения управляющих программ, распределяемых по запросам от станков.

**Дискретность задания перемещения** – минимальное перемещение рабочего органа (линейное или на угол поворота), которое может быть задано в УП.

**Дискретность отработки перемещения** — минимальное перемещение или минимальный угол поворота рабочего органа, контролируемые в процессе управления.

**Зеркальная обработка** — функционирование устройства ЧПУ, при котором рабочие органы перемещаются по траектории, представляющей собой зеркальное отображение траектории, записанной в УП.

**Зеркальная отработка системы (устройства) числового программного управления станком** (*E. Machine program mirror execution*) — функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором рабочие органы станка перемещаются по траектории, представляющей собой зеркальное отображение траектории, записанной в управляющей программе.

**Управляющая программа в числовом программном управлении** — совокупность команд на языке программирования, соответствующая заданному алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

**Индикатируемый сбой устройства ЧПУ** — сбой, фиксирующийся на пульте в момент его возникновения, приводящий к останову станка, то есть к прекращению обработки детали, информация о котором высвечивается на пульте оператора.

**Исходная точка станка** — точка на узле станка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для начала работы по УП.

**Кадр управляющей программы в числовом программном управлении** — составляющая часть управляющей программы, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды.

**Кадр УП** — составляющая часть программы, вводимая и обрабатываемая как единое целое и содержащая не менее одной команды.

**Контурная скорость** — результирующая скорость подачи рабочего органа, направление которой совпадает с направлением касательной в каждой точке заданного контура обработки.

**Контурное числовое программное управление станком** (*E. Contouring control*) — числовое программное управление станком, при котором перемещение его рабочих органов происходит по заданной траектории и с заданной скоростью для получения необходимого контура обработки.

**Контурные (непрерывные) устройства ЧПУ** — устройства, обеспечивающие перемещение рабочих органов из данной точки пространства по траектории, форма и конечные координаты которой заданы в УП. Контурными устройствами ЧПУ оснащают станки фрезерной и токарной групп, осуществляющих формообразование деталей сложной формы.

**Контурные прямоугольные (коллинеарные) устройства ЧПУ** — устройства, которые обеспечивают движение по одной координате. Так как в большинстве станков применяют прямоугольную систему координат, такие устройства получили название прямоугольных. В этих устройствах, так же, как и в позиционных, программируются конечные координаты перемещения, однако в УП задается скорость движения рабочего органа в соответствии с заданным режимом резания, и перемещение выполняется поочередно по каждой из координатных осей. Прямоугольные устройства ЧПУ применяют в станках фрезерной, токарной и шлифовальной групп.

**Координата** — величина, определяющая положение точки в пространстве по отношению к заданной базе или началу отсчета.

**Коррекция положения инструмента** — изменение с пульта управления запрограммированных координат рабочего органа станка.

**Коррекция скорости главного движения** — изменение с пульта оператора запрограммированной частоты вращения главного привода.

**Коррекция скорости подачи** — изменение с пульта оператора запрограммированного значения скорости подачи.

**Максимальное программируемое перемещение** — наибольшее перемещение рабочего органа, которое может быть задано в одном кадре УП.

**Металлообрабатывающим оборудованием с программным управлением** называют любые виды станков для обработки металлов резанием, например, токарные, фрезерные, сверлильные, шлифовальные, расточные, многоцелевые, электроэрозионные и т. п., а также другие виды оборудования для обработки металлов (листогибочные машины, дыропробивные прессы и др.), осуществляющие по заданной программе автоматическую обработку заготовок.

**Неиндикатируемый сбой устройства ЧПУ** — сбой, не обнаруживаемый на пульте в момент его возникновения.

**Номер кадра управляющей программы в числовом программном управлении** – слово в начале кадра, определяющее последовательность кадров в управляющей программе.

**Нулевая точка станка** – точка на узле станка, принятая за начало отсчета системы координат станка.

**Оперативная система управления (ОСУ)** – устройство ЧПУ на базе микроЭВМ с подготовкой УП у станка в режиме диалога оператора с устройством ЧПУ. Оператор с помощью клавиатуры пульта устройства ЧПУ вводит данные с чертежа детали в программу управления. Оперативными устройствами ЧПУ оснащают токарные и фрезерные станки. Другим признаком, по которому устройства ЧПУ могут быть классифицированы, является число потоков информации, циркулирующих в системе станок – устройство ЧПУ.

**Отказ устройства ЧПУ** – событие, заключающееся в нарушении работоспособности устройства ЧПУ.

**Плавающий ноль** – возможность перемещения посредством устройства ЧПУ начала отсчета перемещения рабочего органа в любое положение относительно нулевой точки.

**Позиционное числовое программное управление станком** (*E. Positioning control*) – числовое программное управление станком, при котором перемещение его рабочих органов происходит в заданные точки, причем траектории перемещения не задаются.

**Позиционные устройства ЧПУ** – устройства, в которых рабочие органы могут перемещаться в заданные точки, а траектория перемещения от точки до точки задается только прямолинейным движением. Позиционные устройства ЧПУ составляют группу устройств, имеющих один общий признак – позиционирование, то есть обеспечение точности останова перемещаемых рабочих органов в точке с заданными координатами. Скорость перемещения в позиционных устройствах не программируется и обусловлена только динамикой приводов станка. Позиционными устройствами ЧПУ оснащают сверлильные, координатно-расточные, токарные, фрезерные, шлифовальные и другие станки, работающие по прямоугольному циклу.

**Покадровая работа** – функционирование устройства ЧПУ, при котором отработка каждого кадра УП происходит после воздействия оператора.



**Программируемое устройство числового программного управления станком** (*E. Computerized numerical control. CNC*) – устройство числового программного управления станком, алгоритмы работы которого реализуются с помощью программ, вводимых в его память, и могут быть изменены после изготовления устройства. СЧПУ.

**Программное обеспечение системы числового программного управления станком** (*E. Software*) – совокупность программ и документации на них для реализации целей и задач системы числового программного управления станком. УЧПУ

**Программоноситель** – носитель геометрических и технологических данных, на котором записана УП. В качестве носителя данных применяются бумажная или пластиковая перфолента, магнитная лента, магнитные диски, запоминающие устройства разных видов и типов.

**Пропуск кадра. Покадровая работа системы (устройства) числового программного управления станком** (*E. Mode of operation, single block*) – функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором отработка каждого кадра управляющей программы происходит только после воздействия оператора.

**Работа системы числового программного управления станком с пропуском кадров** (*E. Block skip*) – автоматическая работа СЧПУ (УЧПУ), при которой не обрабатываются кадры управляющей программы, обозначенные символом.

**Работа устройства ЧПУ с ручным вводом данных** – функционирование устройства ЧПУ, при котором набор данных, ограниченный форматом кадра, выполняется вручную оператором на пульте станка.

**РВД. Ндп. Преднабор. Работа системы (устройства) числового программного управления станком с ручным вводом данных** (*E. Manual data input. MDI*) – функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором набор данных, ограниченный форматом кадра, производится вручную оператором на пульте.

**Ручная подготовка управляющей программы. Подготовка и контроль управляющей программы, в основном без применения ЭВМ** – автоматизированная подготовка управляющей программы. Подготовка и контроль управляющей программы с применением ЭВМ.

**Работа системы числового программного управления станком с ручным управлением** (*E. Mode of operation, manual*) – функционирование СЧПУ (УЧПУ), при котором оператор управляет станком с пульта без использования числовых данных.

**Сбой устройства ЧПУ** – событие, заключающееся в кратковременном самоустраняющемся нарушении работоспособности устройства ЧПУ.

**Система с разомкнутым контуром** – устройство ЧПУ, в котором имеется только один поток информации. В таких системах отсутствуют измерительные устройства (датчики обратной связи), контролирующие перемещение рабочих органов. Точность воспроизведения движения рабочих органов с такой системой невысока и определяется точностью отработки команд двигателем привода подач и точностью кинематической цепи, передающей движение рабочему органу.

**Система числового программного управления станком** (*E. Control system*) – совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технических и программных средств, обеспечивающих числовое программное управление станком.

**Системная программа в числовом программном управлении** – программа системы числового программного управления, обеспечивающая распределение ее ресурсов, организацию процесса обработки, ввода-вывода и управления данными.

**Слово управляющей программы в числовом программном управлении** – составляющая часть кадра управляющей программы, содержащая данные о параметре процесса обработки заготовки и (или) другие данные по выполнению управления.

**Станочная система ЧПУ** – комплекс узлов и агрегатов, взаимодействующих между собой.

**Технологическая информация** – информация, описывающая технологические характеристики детали и условия ее обработки.

**Технологическая программа в числовом программном управлении** – программа системы числового программного управления, обеспечивающая реализацию задач управления применительно к различным технологическим группам станков (токарные, фрезерные, сверлильные, КПО и др.).

**Типовой элемент замены устройства ЧПУ (ТЭЗ УЧПУ)** – типовая минимальная составляющая часть устройства ЧПУ, которая при потере работоспособности может быть заменена аналогичной. Каждое устройство ЧПУ выдаст управляющее воздействие на исполнительные органы в соответствии с УП и информацией о положении управляемого объекта. Классификацию систем ЧПУ, применяемых в отечественном машиностроении, проводят по виду рабочих движений. Различают позиционные и контурные устройства ЧПУ.

**Точка начала обработки** – точка, определяющая начало обработки конкретной заготовки.

**Управляющая программа (УП)** – совокупность команд на языке программирования, соответствующая алгоритму функционирования станка по обработке конкретной заготовки.

**Устройства адаптивного (самоприспосабливающегося) управления ЧПУ** – устройства, в которых обеспечивается автоматическое приспособление процесса обработки к изменяющимся условиям обработки по определенным критериям (скорость резания, подача, сила резания). Самоприспосабливающиеся устройства ЧПУ имеют систему контроля и регулирования, позволяющую осуществлять защиту от перегрузок двигателей главного движения и приводов подач, что обеспечивает высокое качество обработки и защищает станочную систему от поломок. Адаптивными устройствами ЧПУ оснащают фрезерные, расточные и многоцелевые станки.

**Устройство числового программного управления станком (E. Numerical control)** – устройство, выдающее управляющие воздействия на исполнительные органы станка в соответствии с управляющей программой и информацией о состоянии управляемого объекта.

**Фиксированная точка станка** – точка, определенная относительно нулевой точки станка и используемая для определения положения рабочего органа.

**Функциональная программа в числовом программном управлении** – программа системы числового программного управления, обеспечивающая реализацию задач управления применительно к различным моделям станков внутри каждой группы.

**Цифровое программное управление станком (E. Numerical control of machine)** – управление обработкой заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные заданы в цифровой форме.

**Числовое программное управление станков** – управление обработкой заготовки на станке по УП, в которой данные об обработке заданы в цифровом коде.

**ЧПУ** (*E. Computerized numerical control*) – числовое программное управление станком.