РУКОВОДСТВО ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ

комплекта программных средств

«Тренажер–эмулятор СЧПУ серии IntNC»

ВЕРСИЯ 1.2

© ИНЭЛСИ

Оглавление

Список терминов и сокращений 5

Введение 6

1. Комплект программных средств «Тренажер–эмулятор» 7

1.1 Состав 7

1.2 Системные требования 7

1.3 Функциональные возможности 8

1.4 Инсталляция/деинсталляция 8

1.4.1 Инсталляция 8

1.4.2 Деинсталляция 10

1.4.3 Структура каталога установки 11

1.5 Порядок работы 13

1.5.1 Ввод лицензионного ключа 13

1.5.2 Запуск тренажера-эмулятора 16

1.5.3 Закрытие тренажера-эмулятора 16

1.6 Окно модуля функциональной клавиатуры 17

1.6.1 Кнопки включения и отключения станка 17

1.6.2 Функциональная клавиатура 18

1.6.3 Корректоры величины подачи и быстрого хода, частоты вращения шпинделя 20

2. Программная оболочка 21

2.1 Основной экран 21

2.2 Разделы основного меню 23

2.2.1 Справка 23

2.2.2 Менеджер программ 24

2.2.3 Привязки . . . 28
2.2.4 Корректора . . . 31
2.2.5 Вид . . . 33
2.2.6 Сообщения . . . 35
2.2.7 Настройки . . . 36
2.2.8 Диагностика . . . 38
2.2.9 Модификаторы . . . 39
2.3 Вспомогательные инструменты . . . 40

3. Режимы работы . . . 43
3.1 Ручной режим . . . 43
3.1.1 Безразмерные перемещения . . . 43
3.1.2 Дискретные перемещения . . . 43
3.1.3 Управление шпинделем . . . 44
3.2 Реферирование . . . 44
3.2.1 Параметры реферирования . . . 45
3.2.2 Порядок выполнения реферирования . . . 47
3.3 Преднабор (MDI) . . . 48
3.4 Автоматический режим . . . 50
3.4.1 Непрерывная отработка УП . . . 50
3.4.2 Покадровая отработка . . . 50
3.4.3 Параметры отработки УП . . . 51
3.4.4 Процентное изменение величины рабочей подачи и быстрого хода 53
3.4.5 Процентное изменение скорости шпинделя . . . 53
3.5 Запуск с произвольного кадра . . . 53
3.6 Возврат на контур . . . 54
3.7 Режим симуляции . . . 54

4. Типы сообщений . . . 56

5. Особенности реализации и ограничения . . . 57

ПРИЛОЖЕНИЕ 1. М-функции проекта . . . 58

ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Технологические и функциональные параметры . . . 60

ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Параметры инструмента для функций коррекции радиуса 69

ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Визуализация траектории движения инструмента 72

Предметный указатель 74

Список терминов и сокращений

Список терминов

- Интерполяция – функция перемещения инструмента по прямым линиям и дугам, которое заданно начальными и конечными координатами.
- Подача – величина перемещения инструмента относительно заготовки за единицу времени (мм в минуту) или за один оборот инструмента или заготовки (мм на оборот).
- Скорость резания – величина перемещения режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности за единицу времени (метр в минуту).
- Коррекция на инструмент – расстояние от базовой точки до режущей кромки инструмента.
- Ход инструмента – диапазон рабочей зоны станка, в котором инструмент может перемещаться.

Список сокращений

- HMI – Human-Machine Interface (человеко-машинный интерфейс): пульт и программная оболочка оператора.
- MDI – Manual Data Input (ручной ввод данных).
- ДОС – датчик обратной связи.
- КС – координатная система.
- ПК – персональный компьютер.
- ПО – программное обеспечение.
- СКД – система координат детали.
- СЧПУ – система числового программного управления.
- УП – управляющая программа.
- УЧПУ – устройство числового программного управления.

Введение

Настоящее руководство предназначено для изучения работы с программным комплектом «Тренажер–эмулятор СЧПУ серии IntNC» (далее Тренажер), который позволяет освоить основные приёмы работы с СЧПУ серии IntNC.

Символы, представленные в данном руководстве.

Примечание.

Дополнительная поясняющая информация.

Внимание!

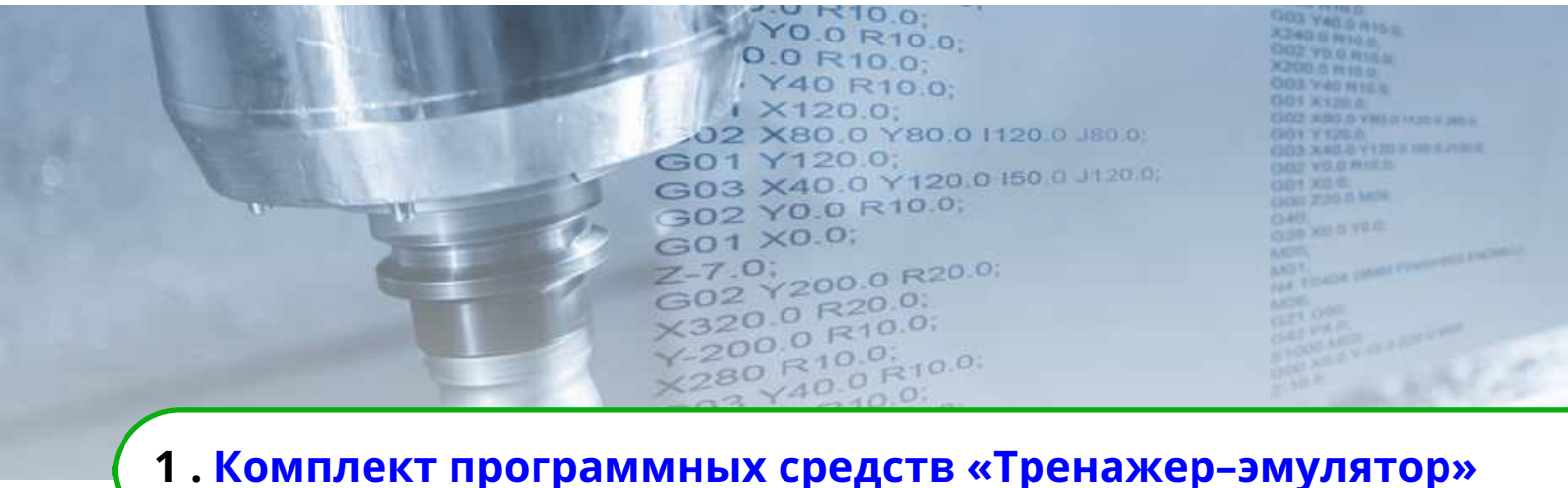
Предупреждающая информация или требования, которые необходимы для правильной эксплуатации тренажера–эмулятора и пульта оператора.

Все торговые названия и названия изделий, перечисленные в данном руководстве являются товарными знаками или зарегистрированными товарными знаками соответствующих компаний.

Сохраняется право внесения изменений в данное руководство!

© Inelsy. Редакция от 3 декабря 2025 г.

www.inelsy.ru



1 . Комплект программных средств «Тренажер–эмулятор»

1.1 Состав

Состав комплекта программных средств:

- установочный файл «IntNCSim_Installer»;
- документация «Руководство по использованию комплекта программных средств «Тренажер–эмулятор СЧПУ серии IntNC»» (на русском языке).

1.2 Системные требования

Таблица 1.1. Аппаратные требования к ПК

Минимальные требования	Рекомендованные требования
IBM-совместимый персональный компьютер с двухъядерным процессором Intel/AMD с частотой 1 ГГц	IBM-совместимый персональный компьютер с четырёхъядерным процессором Intel/AMD с частотой 2 ГГц
2 ГБ оперативной памяти	4 ГБ оперативной памяти
1 Гб свободного места на жёстком диске	4 Гб свободного места на жёстком диске
видеокарта с видеопамятью 128 Мб и поддержкой OpenGL 4.0	видеокарта с видеопамятью 2 Гб и поддержкой OpenGL 4.0
интерфейс Ethernet 100 Мбит	интерфейс Ethernet 100/1000 Мбит

Требования к периферийным устройствам:

- монитор с разрешением экрана 1280*1024;
- стандартные компьютерные клавиатура и мышь;

Требования к операционной системе: Microsoft Windows 10 или выше (64-битная версия, рекомендуется Профессиональная или Максимальная).

Дополнительные требования: наличия доступа к сети Интернет для проверки лицензионного ключа и обновления программы.

Внимание!

Если тренажер–эмулятор не запускается, убедитесь, что компьютер соответствует минимальным аппаратным и системным требованиям. Работа тренажера–эмулятора не гарантируется на неоригинальных сборках ОС Windows.

1.3 Функциональные возможности

Функциональные возможности:

- работа с идентичным системе ЧПУ IntNC программным обеспечением;
- конфигурирование станка;
- имитация управления станком в различных режимах работы;
- составление текстов управляющих программ в формате стандартного G/M-кода с диагностикой ошибок;
- изготовление виртуальной детали по созданной управляющей программе;
- визуализация траектории перемещения инструмента.

1.4 Инсталляция/деинсталляция

Программные средства тренажёра–эмулятора является кроссплатформенными. Работа с ними аналогична как под управлением ОС Windows, так и ОС семейства Linux.

Далее приведено описание для ОС Windows.

1.4.1 Инсталляция

Для начала установки программного обеспечения необходимо запустить файл установки «IntNCSim2_Installer.exe» (рис. 1.1).

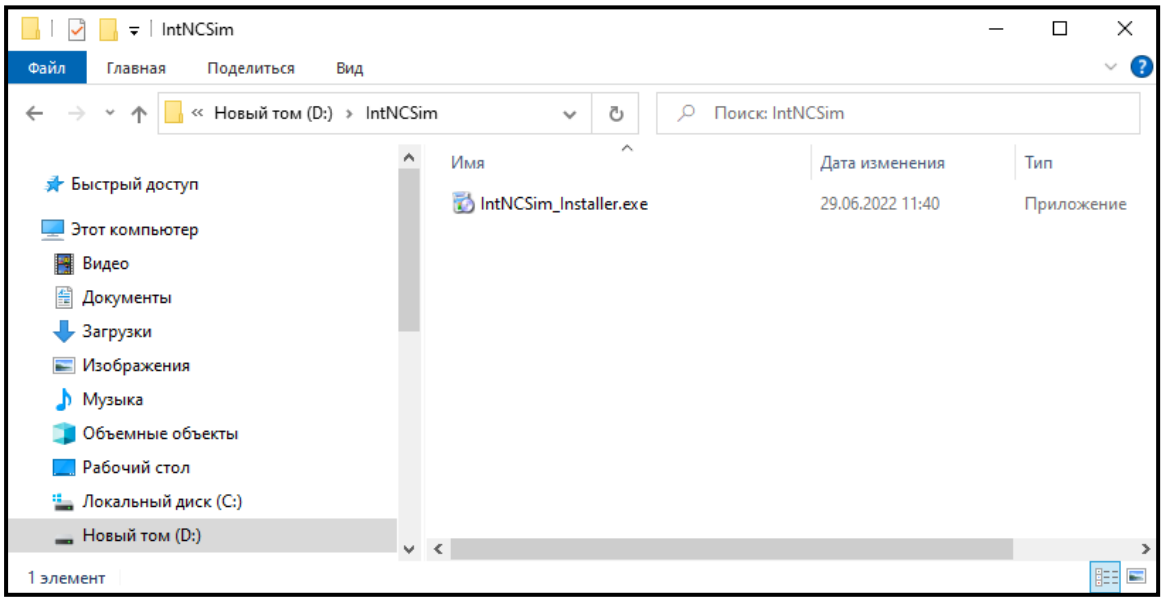


Рис. 1.1.

После запуска файла установки должно отобразиться окно установки ПО (рис. 1.2), где необходимо нажать кнопку «Далее».

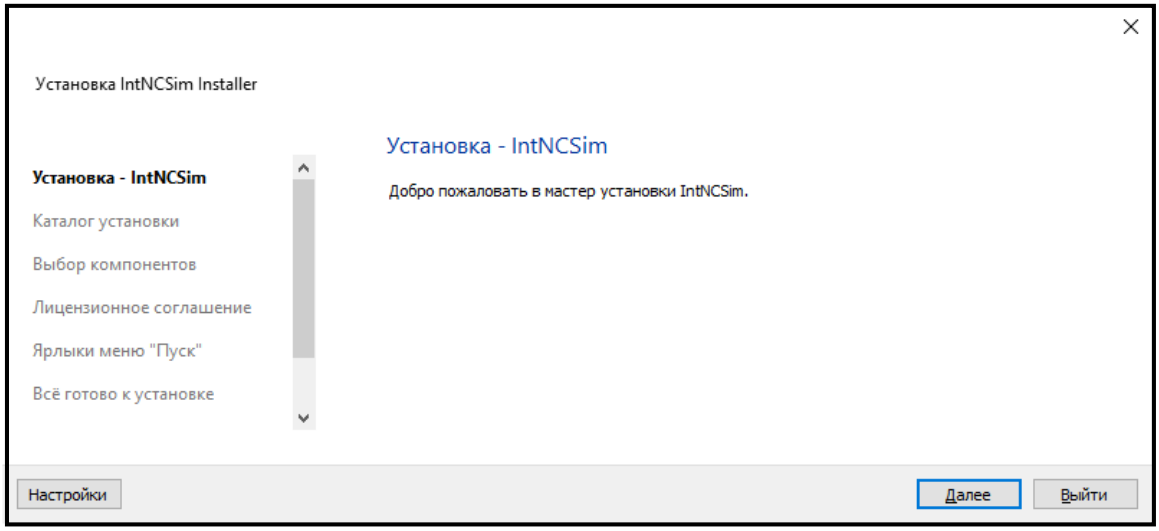


Рис. 1.2.

Каталог установки оставить по умолчанию «C:\IntNCSim2» или выбрать его в окне проводника Windows.

Затем предоставляется выбор компонентов для установки (рис. 1.3). Необходимо выбрать все компоненты и нажать кнопку «Далее».

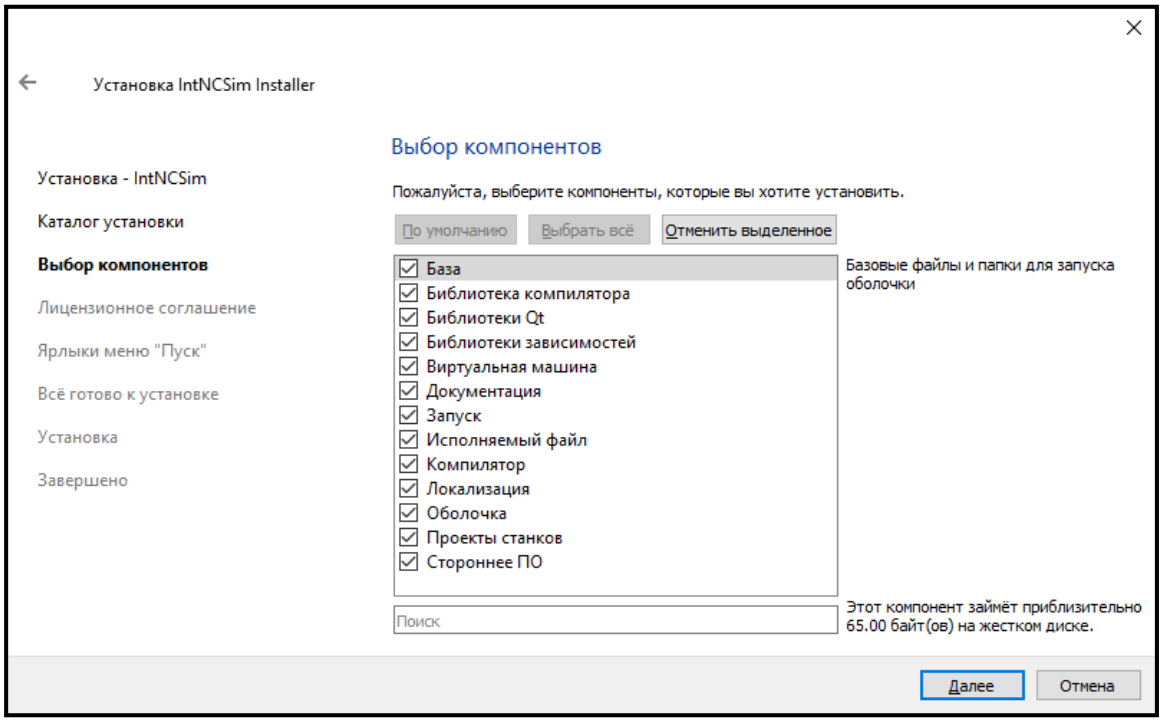


Рис. 1.3.

В окне с лицензионным соглашением необходимо принять условия соглашения.

Выбрать или создать папку в меню «Пуск» для размещения ярлыков программы.

В следующем окне появится информация о требуемом свободном месте на жёстком диске. После нажатия кнопки «Установить» начнётся инсталляция программного обеспечения (рис. 1.4).

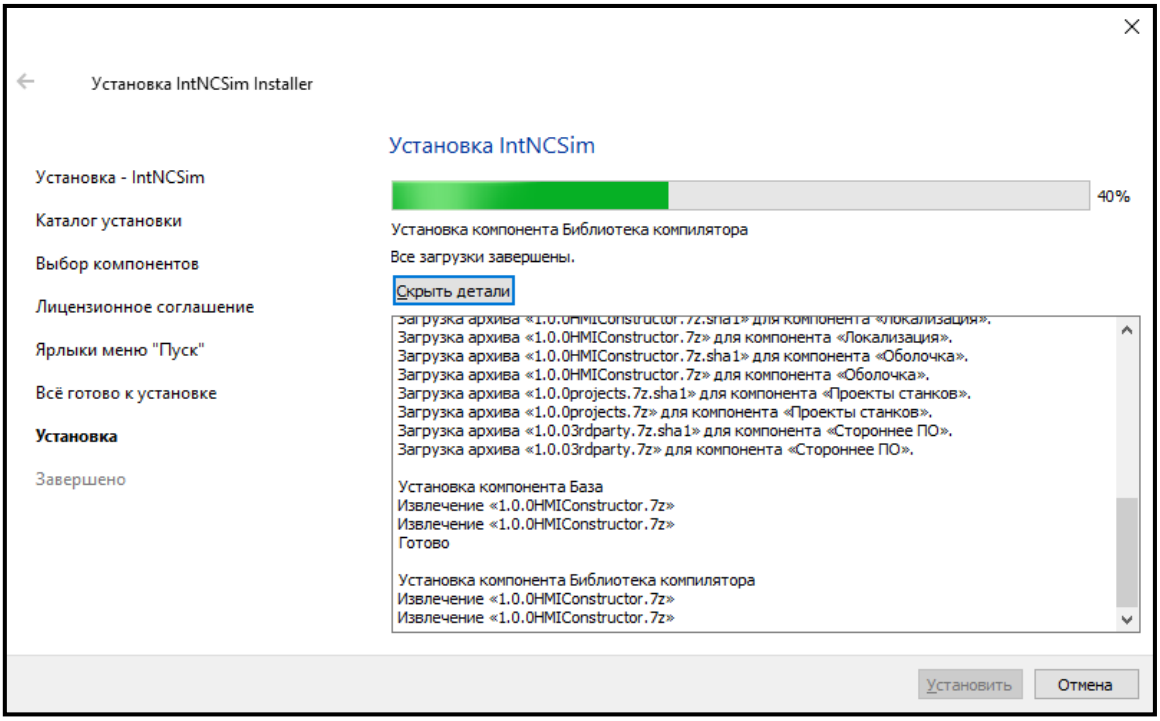


Рис. 1.4.

После завершения установки на рабочем столе появится иконка (рис. 1.5) для запуска пакета, а также папка в меню «Пуск» с ярлыками программы.

Рис. 1.5.

1.4.2 Деинсталляция

Для удаления программного обеспечения следует запустить файл «IntNCSim Maintenance.exe»:

- через ярлык меню «Пуск» в папке, созданной при установке;
- из каталога, в который установлено программное обеспечение (рис. 1.6).

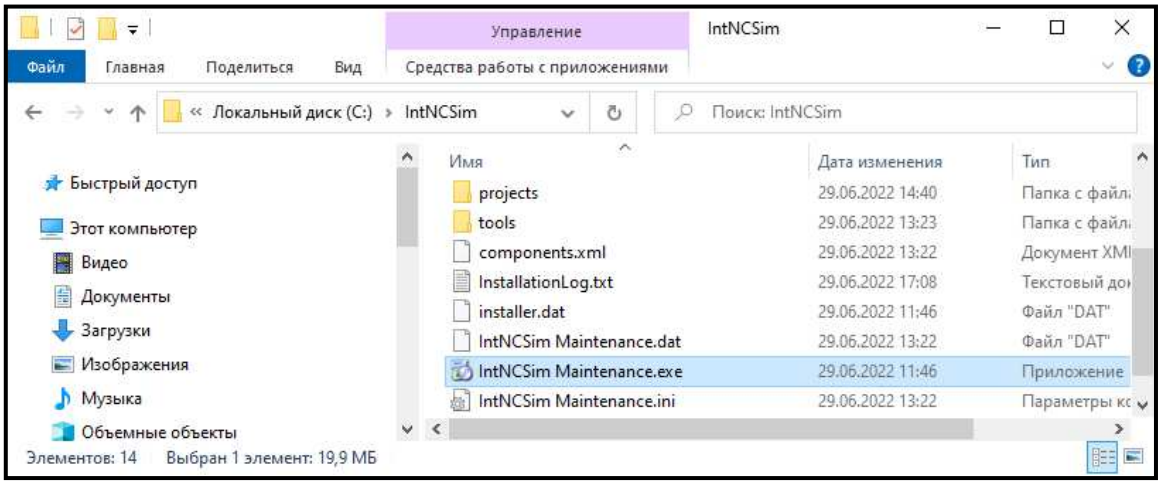


Рис. 1.6.

В открывшемся окне (рис. 1.7) выбрать пункт «Удаление всех компонентов» и нажать кнопку «Далее».

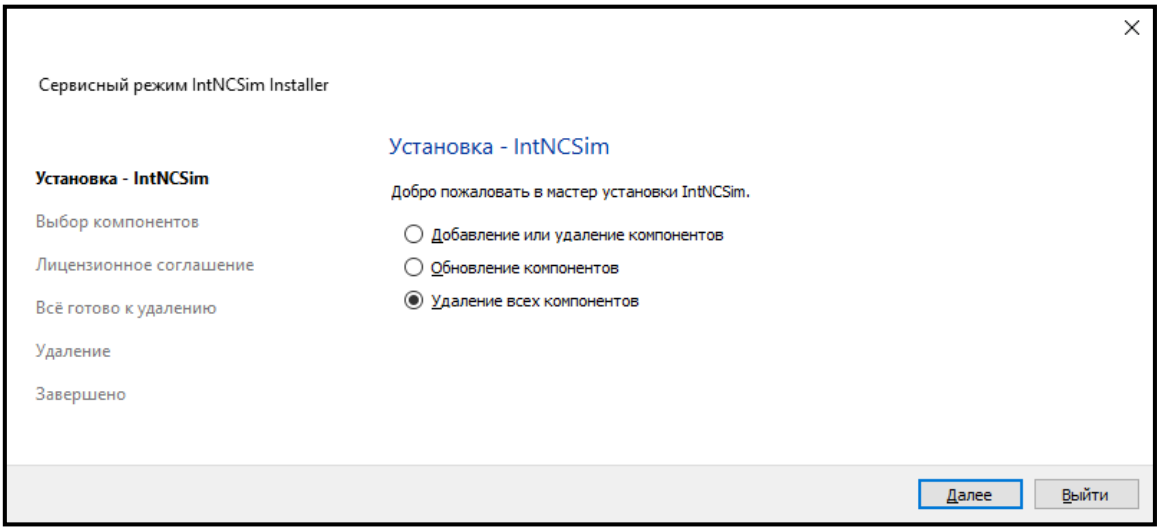
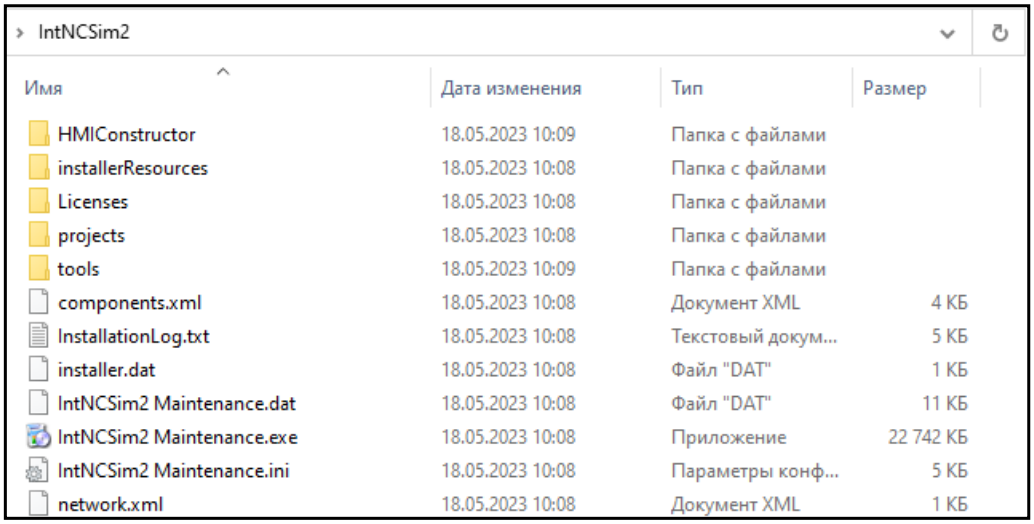


Рис. 1.7.

Программные средства тренажёра–эмулятора будут удалены с ПК.

1.4.3 Структура каталога установки

Структура каталога установки комплекта программных средств показана на рис. 1.8.



IntNCSim2

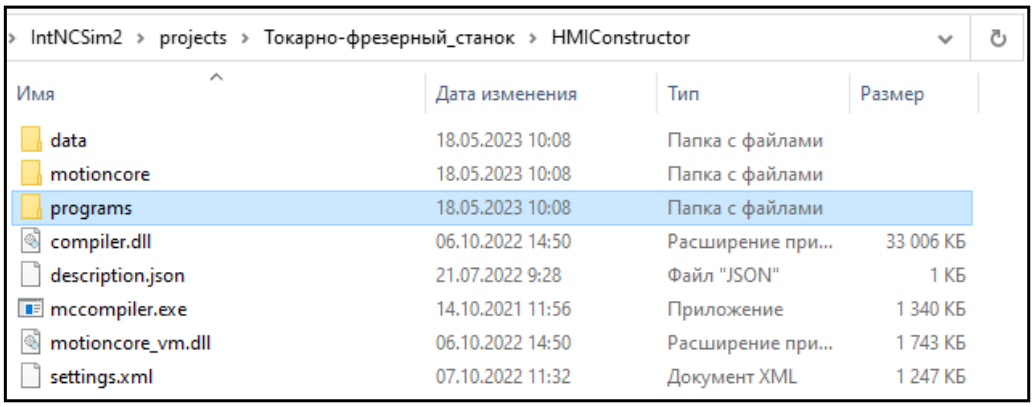
Имя	Дата изменения	Тип	Размер
HMIConstructor	18.05.2023 10:09	Папка с файлами	
installerResources	18.05.2023 10:08	Папка с файлами	
Licenses	18.05.2023 10:08	Папка с файлами	
projects	18.05.2023 10:08	Папка с файлами	
tools	18.05.2023 10:09	Папка с файлами	
components.xml	18.05.2023 10:08	Документ XML	4 КБ
InstallationLog.txt	18.05.2023 10:08	Текстовый докум...	5 КБ
installer.dat	18.05.2023 10:08	Файл "DAT"	1 КБ
IntNCSim2 Maintenance.dat	18.05.2023 10:08	Файл "DAT"	11 КБ
IntNCSim2 Maintenance.exe	18.05.2023 10:08	Приложение	22 742 КБ
IntNCSim2 Maintenance.ini	18.05.2023 10:08	Параметры конф...	5 КБ
network.xml	18.05.2023 10:08	Документ XML	1 КБ

Рис. 1.8.

Каталог содержит программу сервисного режима «IntNCSim Maintenance.exe» и следующие подкаталоги:

- «HMIConstructor» – среда разработки (конструктор) и исполнения графического пользовательского интерфейса;
- «installerResources» – файлы инсталлятора;
- «Licenses» – папка пользовательской лицензии;
- «projects» – файлы проектов станков;
- «tools» – файлы виртуальной машины.

В подкаталоге «projects» в папках «...\<Проект>\HMIConstructor\programs\» находятся управляющие программы, которые отображаются в программной оболочке. Если необходимо включить в проект свою управляющую программу, то её следует разместить в указанном каталоге (рис. 1.9).



IntNCSim2 › projects › Токарно-фрезерный_станок › HMIConstructor

Имя	Дата изменения	Тип	Размер
data	18.05.2023 10:08	Папка с файлами	
motioncore	18.05.2023 10:08	Папка с файлами	
programs	18.05.2023 10:08	Папка с файлами	
compiler.dll	06.10.2022 14:50	Расширение при...	33 006 КБ
description.json	21.07.2022 9:28	Файл "JSON"	1 КБ
mccompiler.exe	14.10.2021 11:56	Приложение	1 340 КБ
motioncore_vm.dll	06.10.2022 14:50	Расширение при...	1 743 КБ
settings.xml	07.10.2022 11:32	Документ XML	1 247 КБ

Рис. 1.9.

Для последнего открытого проекта программу необходимо записать ещё и в каталог «...\HMIConstructor\programs».

1.5 Порядок работы

Для запуска пакета используется иконка приложения на рабочем столе (рис. 1.5) или ярлык в меню «Пуск».

1.5.1 Ввод лицензионного ключа

При запуске программы проверяется наличие лицензионного ключа и его статус.

Внимание!

Для проверки статуса лицензионного ключа необходимо наличие интернет-соединения. В противном случае работа невозможна!

Для получения лицензионного ключа необходимо обратиться к поставщику ПО или заполнить форму запроса на сайте (рис. 1.10), нажав на кнопку «Перейти к заполнению формы» (рис. 1.11).

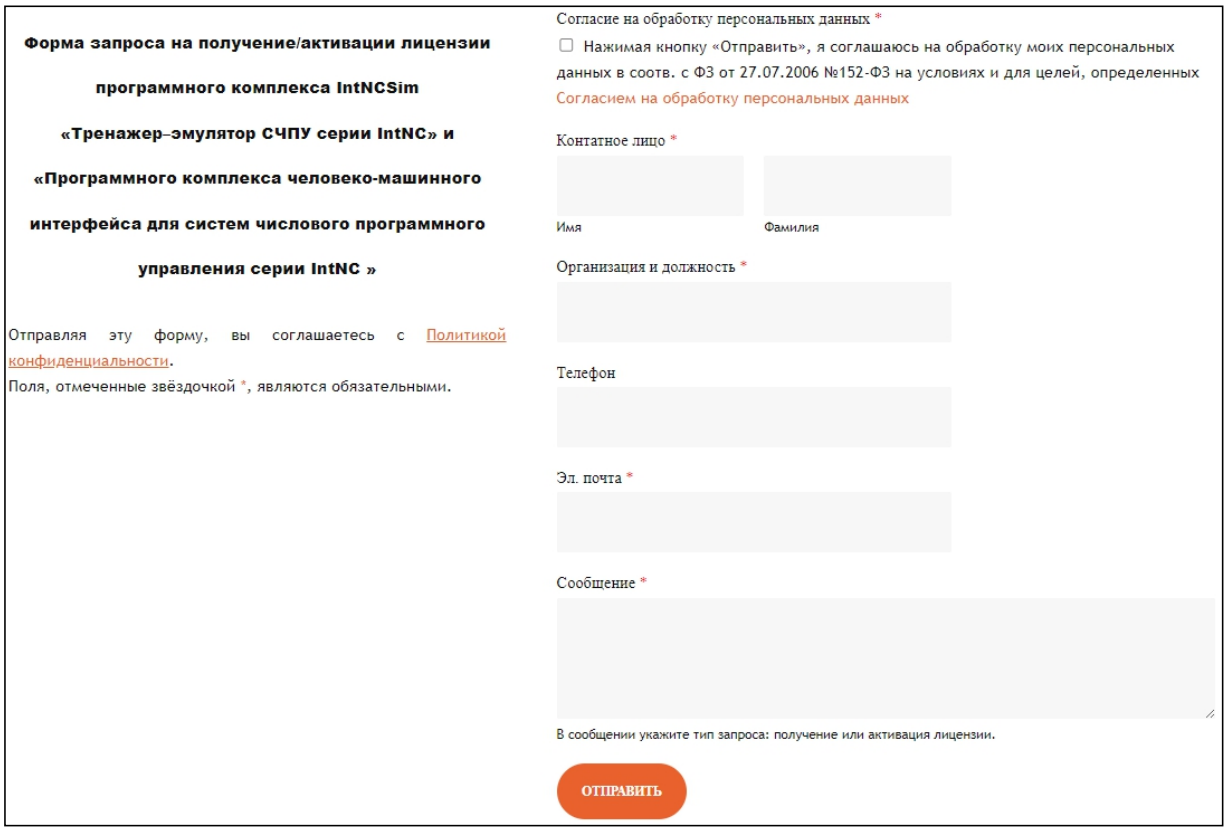


Рис. 1.10.

Примечание.

Все поля в форме запроса на получение/активации лицензии комплекта программных средств «Тренажер–эмулятор СЧПУ серии IntNC» являются обязательными.

Лицензионный ключ вводится в соответствующее поле окна, которое отрывается после нажатия кнопки «Ввести лицензионный ключ» (рис. 1.11).

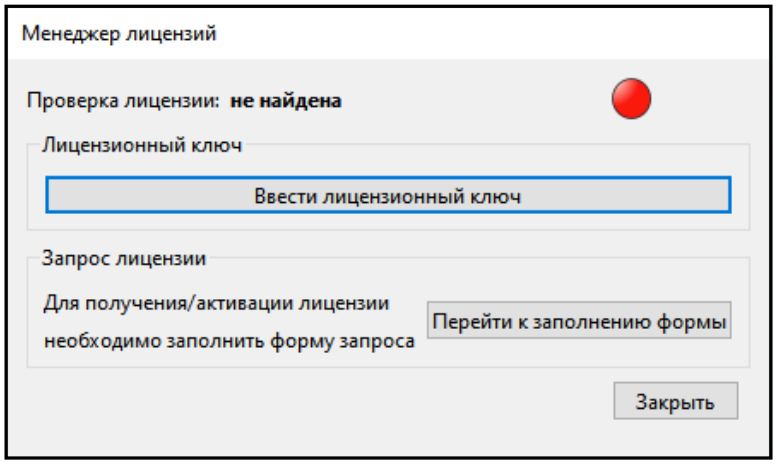


Рис. 1.11.

Типы лицензий и отличия между ними приведены в таблице 1.2. Демонстрационная лицензия является бесплатной, но с ограничением по функционалу и времени использования.

Таблица 1.2. Лицензии пакета «Тренажер–эмулятор СЧПУ серии IntNC»

Функционал	**Демонстрационная**	**Полная**
Максимальное количество проектов (типов) станков	2 (токарный, фрезерный)	16
Опции разработчика для отладки проектов	Нет	Есть
Обновление компонентов	Нет	Автоматическое
Максимальный уровень доступа в оболочке	0 (оператор)	3 (системный интегратор)
Максимальная длина управляющей программы	100 строк	100000 строк
Наличие техподдержки	Нет	Да
Ограничение на время работы	30 дней	Нет

Внимание!

В случае демонстрационной лицензии часть пунктов программной оболочки будет недоступна.

Если введённый лицензионный ключ действителен и активен, то пиктограмма-индикатор состояния лицензии будет зелёного цвета (рис. 1.12).

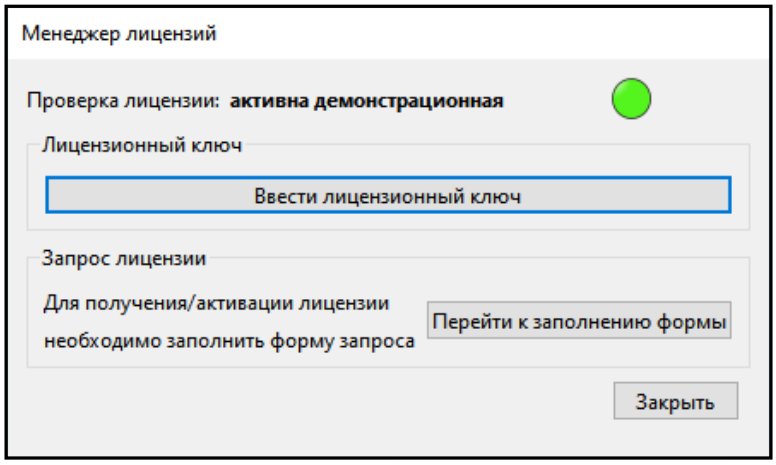


Рис. 1.12.

Если пиктограмма-индикатор состояния лицензии жёлтого цвета, то лицензия не активна. Для активации лицензии необходимо заполнить форму запроса на сайте и в поле «Сообщение» указать «Активация лицензии».

Для выхода из окна проверки лицензионного ключа следует нажать кнопку «Закрыть».

Следует разрешить в окне брандмауэра (файрволла) защитника Windows связь в частных и общественных сетях (рис. 1.13), поскольку программные средства тренажёра–эмулятора используют для взаимодействия сетевые протоколы.

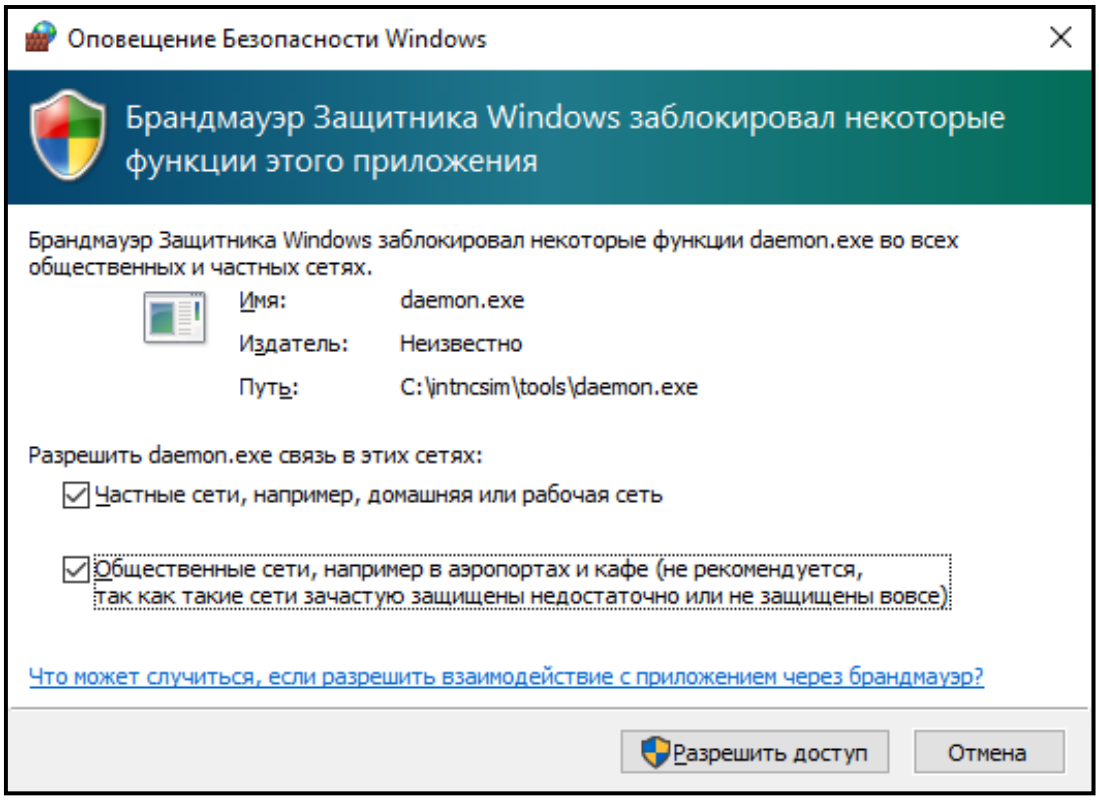


Рис. 1.13.

1.5.2 Запуск тренажера-эмулятора

Комплект программных средств тренажёра–эмулятора содержит проекты различных станков, поэтому при запуске требуется выбрать один из них в выпадающем меню (рис. 1.14).

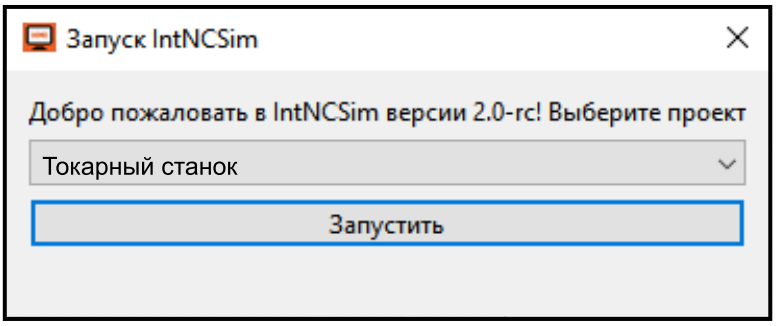


Рис. 1.14.

При нажатии кнопки «Запустить» будет запущена программная оболочка тренажёра–эмулятора с выбранным проектом.

После появления основного экрана программной оболочки (рис. 2.1) можно вызывать окно функциональной клавиатуры (рис. 1.15) нажатием сочетания клавиш **[Ctrl]+[B]**.

Нажать на кнопку «Включение» станка на функциональной клавиатуре (рис. 1.15).

Примечание.
Реферирование выполняется автоматически после нажатия кнопки «Включение».

Непосредственно после включения устанавливается ручной режим.

Описание программной оболочки тренажера-эмулятора, интерфейса функциональной клавиатуры и режимов работы СЧПУ приведено в следующих разделах.

1.5.3 Закрытие тренажера-эмулятора

Из основного экрана программной оболочки закрытие тренажера-эмулятора осуществляется нажатием клавиши **[Esc]** и последующим подтверждением закрытия.

Примечание.
Нажатие **[Esc]** не на основном экране вызывает выход в предыдущее меню.

Нажатие сочетания клавиш **[Alt]+[F4]** вызывает принудительное закрытие тренажера-эмулятора в любом месте программной оболочки.

В некоторых случаях после закрытия программной оболочки не все компоненты завершают работу, что может помешать последующему запуску тренажёра–эмулятора. В этом случае необходимо нажатием клавиш **[Ctrl]+[Alt]+[Del]** вызвать специальное меню Windows со списком ключевых опций и запустить диспетчер задач, в котором на вкладке «Процессы» в списке задач найти фоновый процесс «daemon.exe» и снять эту задачу.

1.6 Окно модуля функциональной клавиатуры

Окно модуля функциональной клавиатуры вызывается из любого окна программной оболочки нажатием сочетания клавиш **[Ctrl]+[B]**. Внешний вид окна приведён на рис. 1.15.

Окно модуля функциональной клавиатуры состоит из трёх секций:

1. Кнопок «Включение» и «Выключение» станка.
2. Функциональной клавиатуры.
3. Корректоров величины подачи и быстрого хода, частоты вращения шпинделя.

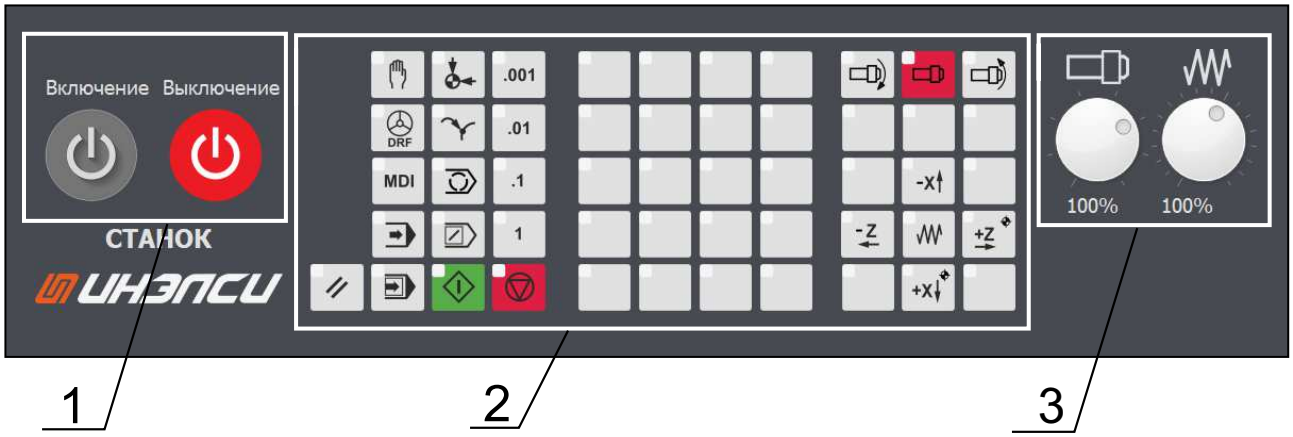


Рис. 1.15. Окно модуля функциональной клавиатуры

Интерфейс модуля функциональной клавиатуры обеспечивает выполнение всех функций управления в системе ЧПУ.

1.6.1 Кнопки включения и отключения станка

Кнопки «Включение» и «Выключение» станка показаны на (рис. 1.16).

Нажатие на кнопку «Включение» включает станок. При включённом станке данная кнопка имеет зелёный цвет, иначе – серый.

Нажатие на кнопку «Выключение» выключает станок. При выключенном станке данная кнопка имеет красный цвет, иначе – серый.

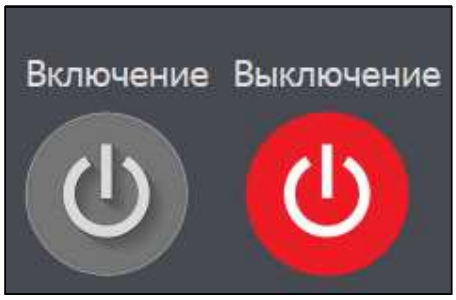


Рис. 1.16. Кнопки «Включение» и «Выключение» станка

1.6.2 Функциональная клавиатура

Кнопки функциональной клавиатуры (рис. 1.17) можно разделить на два блока:

1. Стандартные кнопки управления и переключения режимов работы, которые присутствуют в любом варианте клавиатуры;
2. Кнопки управления рабочими органами и механизмами станка, которые являются специфичными для каждого проекта.

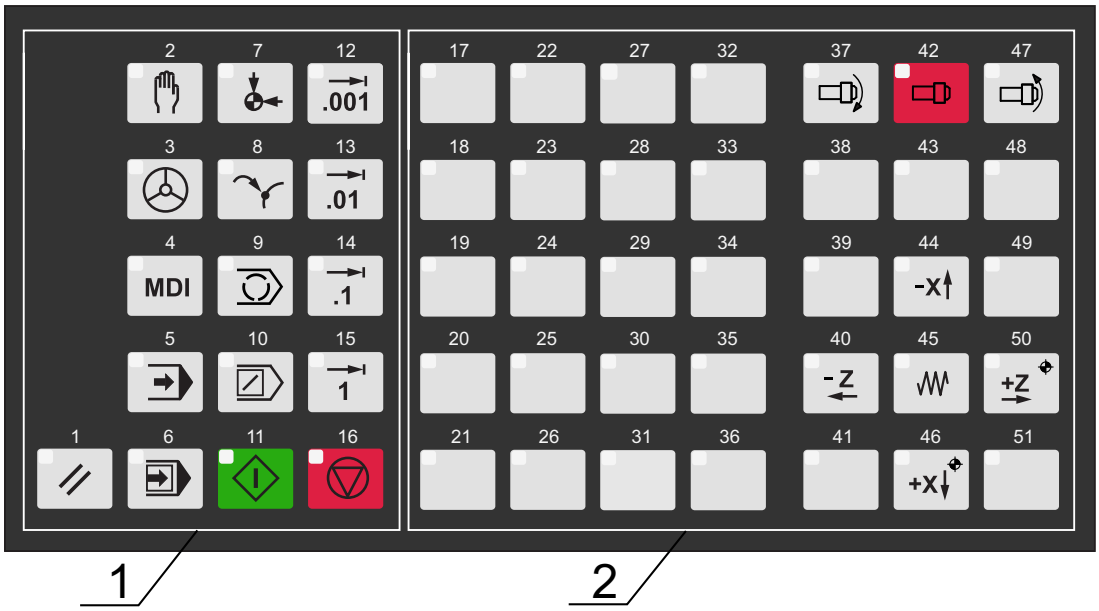


Рис. 1.17. Функциональная клавиатура

Назначение стандартных кнопок управления и переключения режимов работы приведено в таблице 1.3.

Таблица 1.3. Стандартные кнопки управления и переключения режимов работы

Кнопка	Действие	Кнопка	Действие
1.	Сброс ошибки	9.	Условный останов. Разрешение приостанова выполнения программы по M01
2.	Включение ручного режима	10.	Включение/выключение режима пропуска кадров при выполнении программы
3. DRF	Включение режима дискретных перемещений	11.	Старт
4. MDI	Включение режима преднабора	12. .001	Выбор первой скорости/дискреты безразмерных/дискретных перемещений

Продолжение таблицы 1.3.

Кнопка	Действие	Кнопка	Действие
5.	Включение автоматического режима	13. .01	Выбор второй скорости/дискреты безразмерных/дискретных перемещений
6.	Включение/выключение покадровой отработки УП	14. .1	Выбор третьей скорости/дискреты безразмерных/дискретных перемещений
7.	Включение режима выезда в нулевую точку	15. 1	Выбор четвёртой скорости/дискреты безразмерных/дискретных перемещений
8.	Возврат на контур	16.	Стоп

Примечание.

Количество и положение кнопок управления рабочими органами и механизмами станка может изменяться в зависимости от загруженного проекта (установленного станочного оборудования).

Назначение кнопок управления рабочими органами и механизмами станка на рис. 1.17 приведено в таблице 1.4.

Таблица 1.4. Кнопки управления рабочими органами и механизмами станка

Кнопка	Действие	Кнопка	Действие
37.	Включение вращения шпинделя в ручном режиме по часовой стрелке	45.	Перемещение оси в ручном режиме на скорости быстрого хода
40. -Z	Перемещение оси Z в ручном режиме в отрицательном направлении	46. +X	Перемещение оси X в ручном режиме в положительном направлении
42.	Останов вращения шпинделя в ручном режиме	47.	Включение вращения шпинделя в ручном режиме против часовой стрелки
44. -X	Перемещение оси X в ручном режиме в отрицательном направлении	50. +Z	Перемещение оси Z в ручном режиме в положительном направлении

Если нажатие на кнопку активирует соответствующую функцию, то загорается её индикатор. Мигание индикатора кнопки – ожидание запуска какой-либо операции.

Функциональная клавиатура имеет кнопки без символов, которые при необходимости могут быть запрограммированы для вспомогательных функций.

1.6.3 Корректоры величины подачи и быстрого хода, частоты вращения шпинделя

Корректор величины подачи F% (рис. 1.18, а) предназначен для изменения значения текущей подачи и быстрого хода в процентном отношении от 0 до 150% во всех режимах работы СЧПУ.

Корректор частоты вращения шпинделя S% (рис. 1.18, б) предназначен для изменения значения частоты вращения шпинделя в процентном отношении от 50 до 120% во всех режимах работы СЧПУ.

Управление корректорами осуществляется посредством манипулятора «мышь» или кнопок компьютерной клавиатуры «вправо», «влево», «вверх» и «вниз», если корректор имеет фокус ввода.

а) б)

Рис. 1.18. Корректоры величины подачи и быстрого хода, частоты вращения шпинделя

2 . Программная оболочка

Программная оболочка – основное средство взаимодействия оператора с системой ЧПУ. Управление и навигация в оболочке осуществляется посредством компьютерной клавиатуры и манипулятора «мышь».

2.1 Основной экран

После загрузки проекта на мониторе отображается основной экран оболочки.
На основном экране можно выделить следующие секции (рис. 2.1):

1. Секция индикации режима работы станка, сообщений и статуса текущей УП.
   В данной области в виде пиктограмм и текста отображаются режим работы станка, активные сообщения и информация о статусе УП.
2. Секция координат.
   В данной области отображаются текущие и конечные координаты в выбранной системе координат детали (СКД), машинные координаты и остаток пути. Изменение содержимого окна отображения координат осуществляется через пункт меню «Вид», вызываемый клавишей **[F6]**.
3. Секция текущих данных.
   В данной области отображаются заданные и текущие величина подачи, количество оборотов и состояния шпинделей, значения корректоров, номер инструмента и данные корректора инструмента, активные G и M-коды.
4. Секция графической отрисовки движения инструмента.
   При выводе графической отрисовки в данной области отображается проекция траектории движения инструмента на выбранную плоскость в координатной системе станка. Изменение вида отображения осуществляется через пункт меню «Вид», вызываемый клавишей **[F6]**.
5. Секция текста УП.
   В автоматическом режиме в данной области отображается текст управляющей программы при её отработке с подсветкой текущего кадра и автоматической прокруткой. В режиме преднабора (MDI) в данной области выполняется ввод и редактирование кадров.
6. Секция меню.
   В данной области располагается меню программной оболочки.

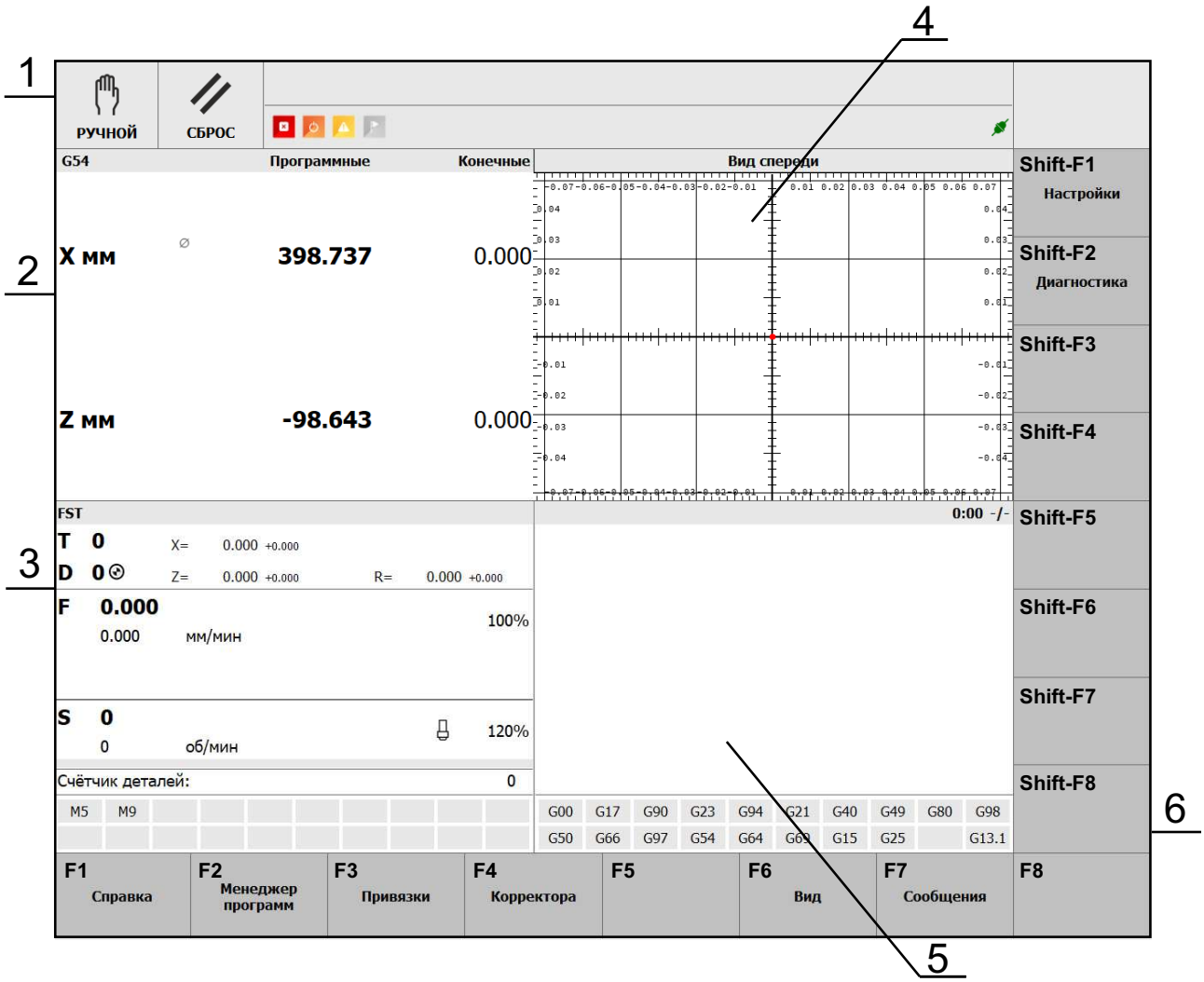


Рис. 2.1. Основной экран программной оболочки

В секции индикации режима работы (1) в виде текста и пиктограмм отображаются режима работы станка, сообщения системы, статуса текущей УП, информация о связи с блоком управления (УЧПУ). В данной секции выводятся сообщения об ошибках самого высокого приоритета.

В секции координат (2) в виде текста и пиктограмм отображаются координаты по осям, номер системы координат заготовки, информация о режиме программирования на радиус/диаметр, а также о выполнении реферирования (соответствующая пиктограмма напротив имени оси, если реферирование выполнено).

В секции текущих данных (3) в виде текста и пиктограмм выводится информация о текущем инструменте, скорости и коррекции подачи, а также скорости, коррекции и состоянии шпинделя.

В зависимости от выбранного режима работы вид основного окна и перечень пунктов в секции меню (6) изменяются.

Описание пунктов меню программной оболочки в режиме преднабора приведено в разделе „**Преднабор (MDI)**“ (стр. 48), в режиме симуляции отработки программы – в разделе „**Режим симуляции**“ (стр. 54).

2.2 Разделы основного меню

Вход в разделы основного меню осуществляется нажатием одной из кнопок **[F1]-[F8]** и сочетанием клавиш **[Shift]+[F1-F8]** на компьютерной клавиатуре. Выход в предыдущее меню осуществляется нажатием клавиши **[Esc]** на клавиатуре.

2.2.1 Справка

Открытие окна «Справка» (рис. 2.2) осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[F1]**.

В окне «Справка» выводится справочная информация по подготовительным G-функциям, которые используются в УП.

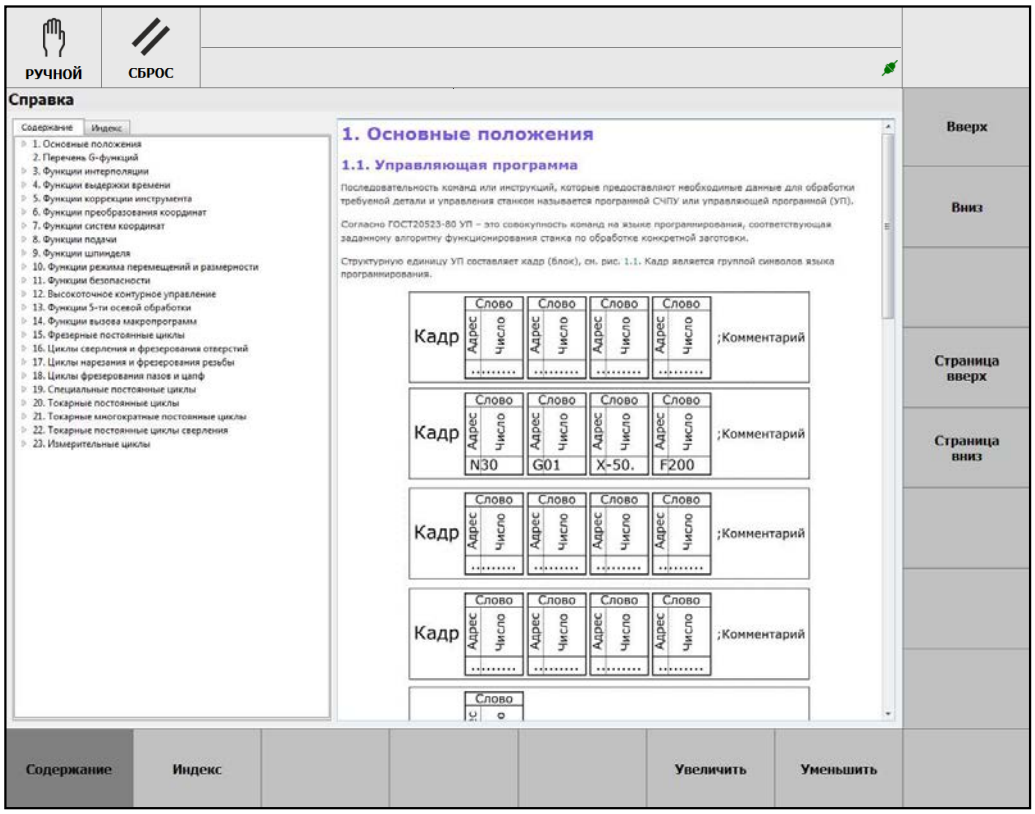


Рис. 2.2. Окно «Справка»

В данном окне активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Содержание**. Вывод на экран оглавления справочной информации.
- **[F2] – Индекс**. Переход в предметный указатель.
- **[F6] – Увеличить**. Увеличить размер шрифта текста справочной информации.
- **[F7] – Уменьшить**. Уменьшить размер шрифта текста справочной информации.
- **[Shift]+[F1] – Вверх**. Прокрутка вверх справочной информации.
- **[Shift]+[F2] – Вниз**. Прокрутка вниз справочной информации.
- **[Shift]+[F4] – Страница вверх**. Прокрутка на страницу вверх справочной информации.
- **[Shift]+[F5] – Страница вниз**. Прокрутка на страницу вниз справочной информации.

2.2.2 Менеджер программ

Открытие окна «Менеджер программ» (рис. 2.3) осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[F2]**.

В окне «Менеджер программ» осуществляется управление программами СЧПУ.

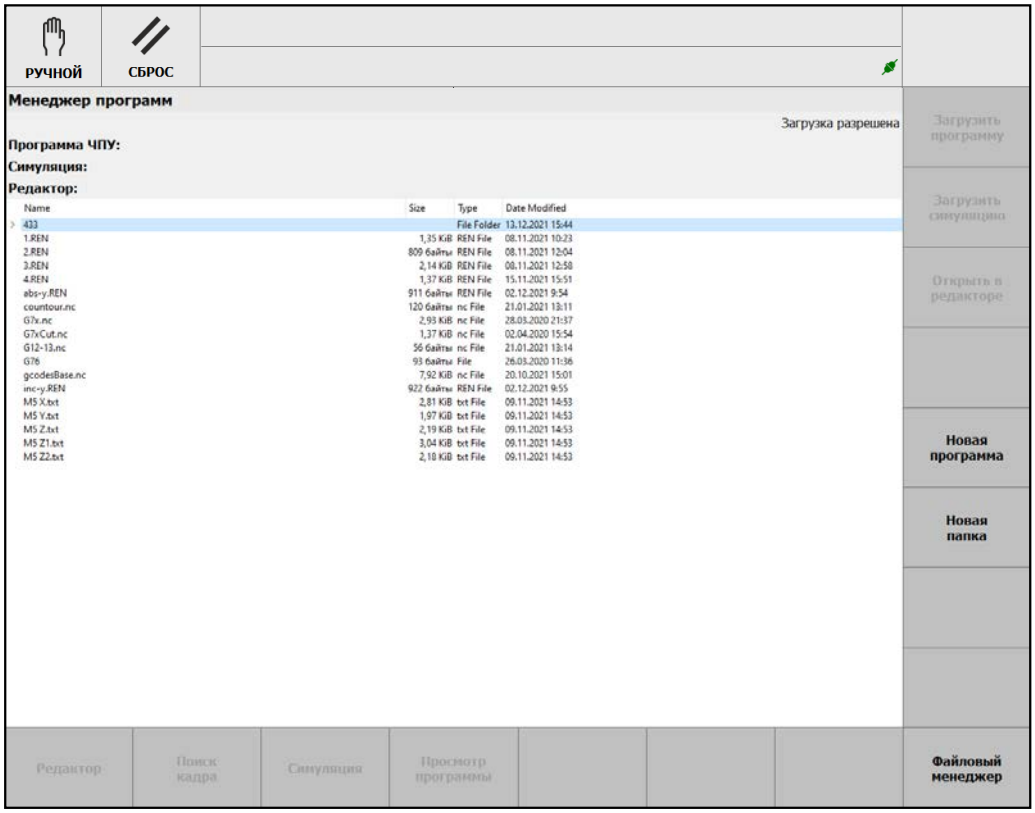


Рис. 2.3. Окно «Менеджер программ»

Все программы управления хранятся в специальной каталоге. Он может содержать подкаталоги. Для перемещения между ними используются клавиши ↑, ↓ и **Enter**.

В данном окне активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Редактор**. Открытие редактора УП.
- **[F2] – Поиск кадра**. Открытие файла, содержащего УП, и её загрузка в окно отработки программы с произвольного кадра.
- **[F3] – Симуляция**. Запуск режима симуляции отработки программы.
- **[F4] – Просмотр программы**. Открытие текста программы для просмотра.
- **[F8] – Файловый менеджер**. Открытие окна «Файловый менеджер».
- **[Shift]+[F1] – Загрузить программу**. Компиляция и загрузка УП в СЧПУ для её последующего выполнения. После загрузки УП в секции индикации основного экрана будет изменён статус текущей УП.
- **[Shift]+[F2] – Загрузить симуляцию**. Компиляция и загрузка УП для её симуляции.
- **[Shift]+[F3] – Открыть в редакторе**. Открытие файла, содержащего текст УП, и его загрузка в окно «Редактор».
- **[Shift]+[F5] – Новая программа**. Создание пустой программы на диске.
- **[Shift]+[F6] – Новая папка**. Создание пустого каталога на диске.

Окно «Редактор» (рис. 2.4), вызываемое клавишей **[F1]** нижнего меню «Менеджера программ», предназначено для написания, редактирования и компиляции УП. В данном окне открывается программа, которая предварительно была загружена в редактор по клавише **[Shift]+[F3]** («Открыть в редакторе»).

Действия по набору и редактированию программы аналогичны стандартным действиям при работе в текстовых редакторах.

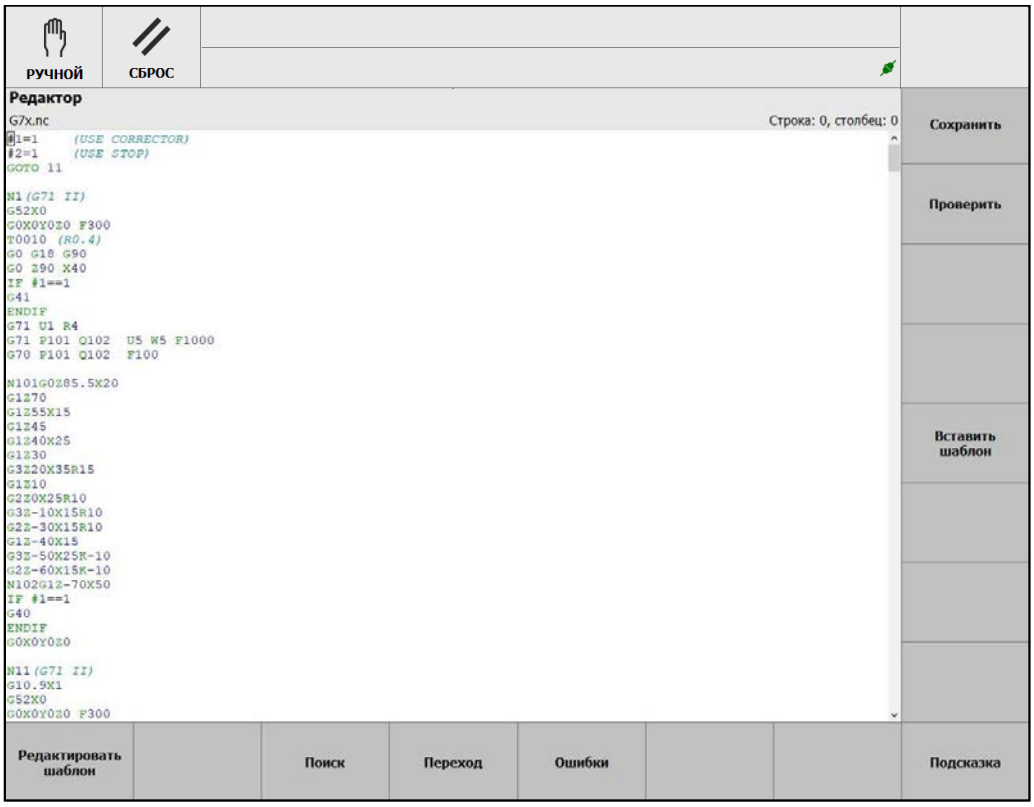


Рис. 2.4. Окно «Редактор»

В данном окне активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Редактировать шаблон**. Редактирование шаблона постоянного цикла.
- **[F3] – Поиск**. Поиск строки в тексте программы.
- **[F4] – Переход**. Переход на указанный номер строки в тексте программы.
- **[F5] – Ошибки**. Открытие внизу окна панели со списком ошибок.
- **[F8] – Подсказка**. Открытие/закрытие окна с описанием G-функций УП.
- **[Shift]+[F1] – Сохранить**. Сохранение программы на диске.
- **[Shift]+[F2] – Проверить**. Компиляция УП, то есть проверка правильности формального синтаксиса.
- **[Shift]+[F5] – Вставить шаблон**. Вставка шаблона постоянного цикла в текст УП.

Для упрощения программирования в окне «Редактор» доступны шаблоны постоянных циклов, которые выводятся по клавише **[Shift]+[F5] – Вставить шаблон** (рис. 2.4).

После выбора требуемого постоянного цикла открывается окно, в котором отображаются параметры цикла с их визуализацией (рис. 2.5). Для вставки кадра с постоянным циклом в текст программы следует нажать клавишу **[Shift]+[F1] – Применить**, для отмены – **[Esc]**.

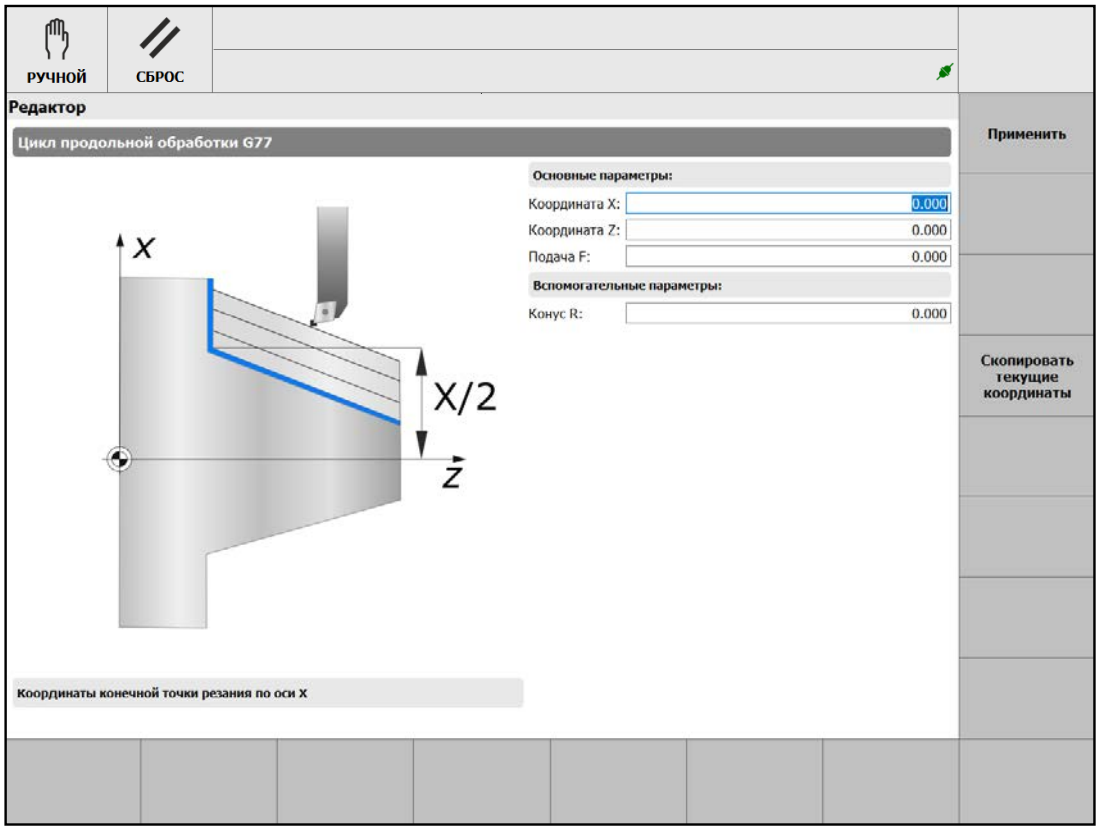


Рис. 2.5. Окно редактирования шаблона

Примечание.

Шаблоны постоянных циклов являются дополнительной опцией оболочки оператора.

Окно «Поиск кадра» (рис. 2.6), вызываемое клавишей **[F2]** нижнего меню «Менеджера программ», предназначено для запуска программы, предварительно загруженной в СЧПУ, с произвольного кадра. При нажатии клавиши **[F2]** открывается окно с текстом загруженной программы.

В данном окне активно нижнее меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Запуск с начала кадра**. Отработка фрагмента программы с начала выбранного кадра с виртуальным выполнением части программы до начала выбранного кадра.
- **[F2] – Запуск с конца кадра**. Отработка фрагмента программы с конца выбранного кадра с виртуальным выполнением части программы до конца выбранного кадра.
- **[F3] – Запуск без вычислений**. Отработка фрагмента программы с начала выбранного кадра без виртуального выполнения части программы, предшествующей выбранному кадру.
- **[F5] – Поиск**. Открытие панели поиска кадра по тексту.
- **[F6] – Переход**. Открытие панели поиска кадра по номеру.
- **[F7] – Номер итерации**. Номер прохода через кадр, на котором произойдёт останов отработки УП.

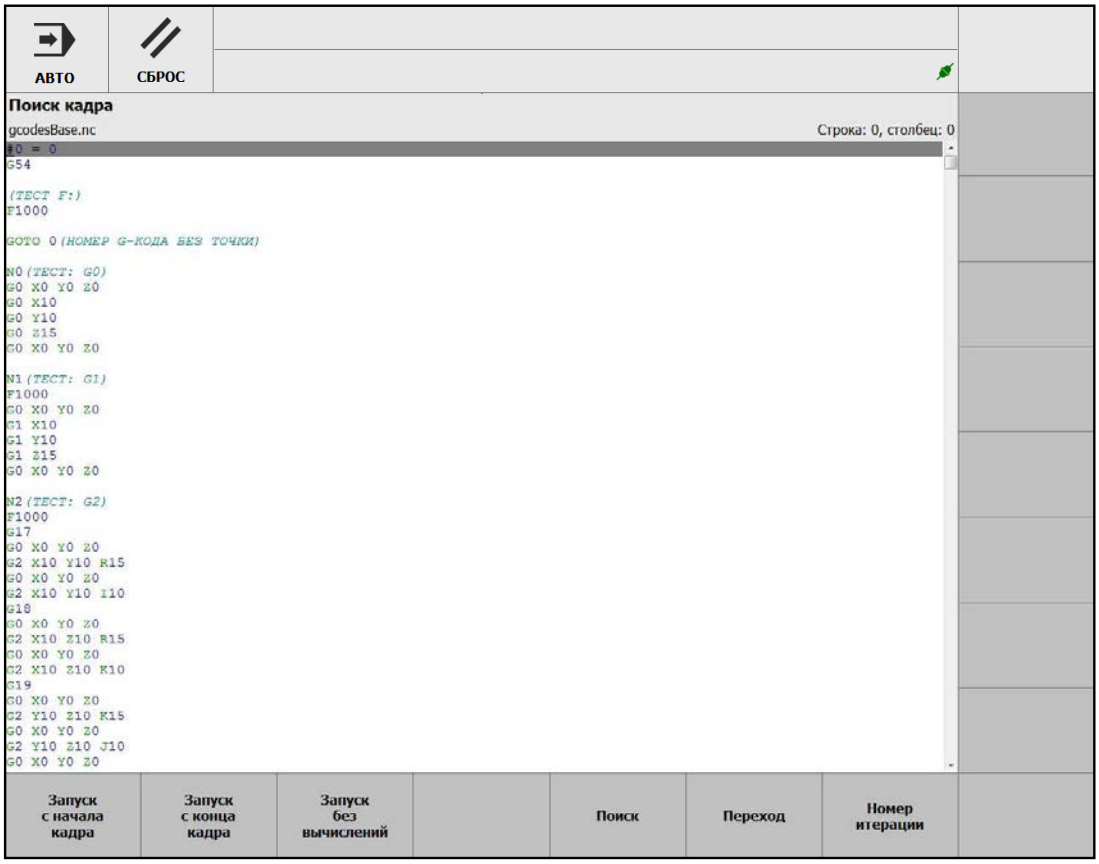


Рис. 2.6. Окно отработки программы с произвольного кадра

Описание отработки программы с произвольного кадра приведено в разделе „**Запуск с произвольного кадра**“ (стр. 53).

Окно «Симуляция», вызываемое клавишей **[F3]** нижнего меню «Менеджера программ», предназначено для виртуального выполнения УП. Порядок действий для запуска симуляции программы приведён в разделе „**Режим симуляции**“ (стр. 54).

Окно «Просмотр программы», вызываемое клавишей **[F4]** нижнего меню «Менеджера программ», предназначено для открытия УП, загруженной в УЧПУ, в режиме просмотра.

Окно «Файловый менеджер» (рис. 2.7), вызываемое клавишей **[F8]** нижнего меню «Менеджера программ», предназначено для работы с файлами или каталогами системы ЧПУ, а также со съёмными устройствами.

В данном окне активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Сменить панель**. Переход курсора на другую панель.
- **[F2] – Извлечь флеш-диск**. Безопасное извлечение съёмного устройства.
- **[F4] – Переименовать**. Переименование выбранного файла.
- **[F5] – Копировать**. Копирование выбранного файла.
- **[F6] – Переместить**. Перемещение выбранного файла.
- **[F7] – Создать папку**. Создание новой папки в текущем каталоге.
- **[F8] – Удалить**. Удаление выбранного файла.
- **[Shift]+[F1] – Рабочая папка**. Открытие рабочей папки в текущей панели.
- **[Shift]+[F2] – Файлы журнала**. Открытие папки с файлами журнала (лог-файлами).

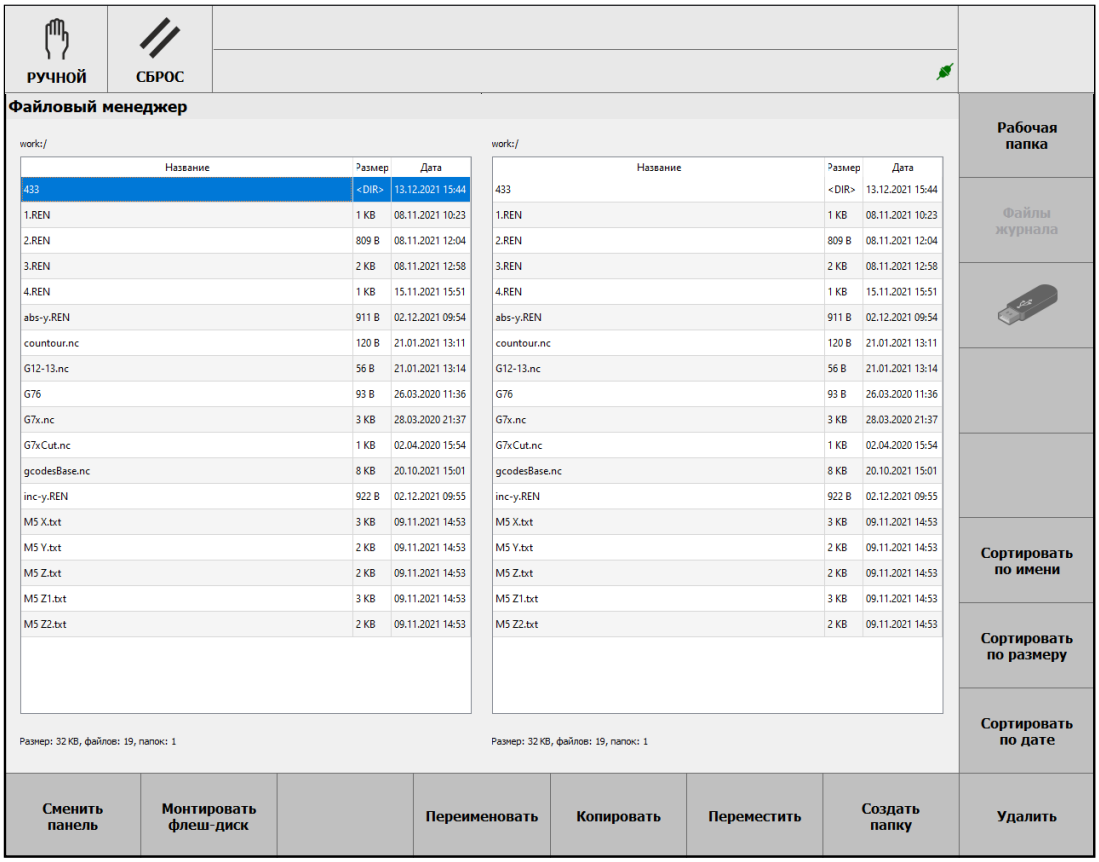


Рис. 2.7. Окно «Файловый менеджер»

- **[Shift]+[F3] – Съёмное устройство**. Открытие съёмного устройства (только в ОС Linux).
- **[Shift]+[F6] – Сортировать по имени**. Сортировка файлов по имени.
- **[Shift]+[F7] – Сортировать по размеру**. Сортировка файлов по размеру.
- **[Shift]+[F8] – Сортировать по дате**. Сортировка файлов по дате.

Для открытия съёмного устройства необходимо нажать клавишу **[Shift]+[F3]**. В текущей панели окна появится папка, имя которой имеет вид `sd***` – название съёмного устройства в системе. Для того, чтобы войти в корневой каталог съёмного устройства следует перейти курсором на появившуюся папку и нажать клавишу **Enter**.

2.2.3 Привязки

Открытие окна «Привязки» осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[F3]**.

В окне «Привязки» (рис. 2.8) в виде таблицы задаются смещения нулевой точки заготовки (системы координат заготовки), координаты референтных точек.

В первой строке таблицы «Базовое смещение» задаются величины общего (внешнего) смещения нулевых точек систем координат заготовки относительно нулевой точки станка по каждой оси.

Внимание!

Значения базового смещения применяются ко всем системам координат.

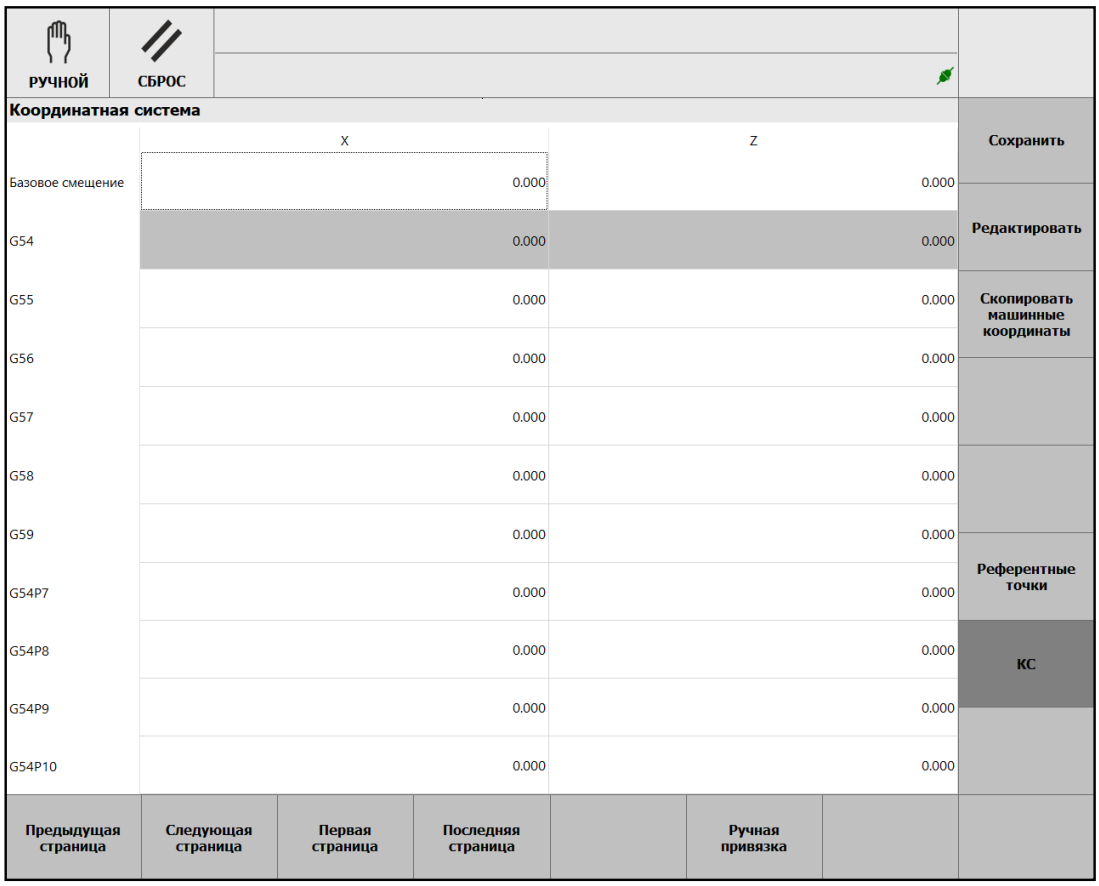


Рис. 2.8. Окно «Привязки»

Таблица смещений нулевой точки заготовки может содержать до 100 строк (для команд G54–G59 и G54P{7…100}), каждая из которых определяет систему координат заготовки. Таблица выводится на экран постранично.

Для перемещения между ячейками в таблице используются клавиши ←, →, ↑ и ↓, а также клавиши перемещения курсора на одну страницу вверх **[PgUp]** и вниз **[PgDn]**.

В данном окне активно нижнее меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Предыдущая страница**. Переход на предыдущую страницу таблицы.
- **[F2] – Следующая страница**. Переход на следующую страницу таблицы.
- **[F3] – Первая страница**. Переход на первую страницу таблицы.
- **[F4] – Последняя страница**. Переход на последнюю страницу таблицы.
- **[F6] – Ручная привязка**. Ручная привязка координатной системы.
- **[Shift]+[F1] – Сохранить**. Сохранение внесённых в таблице изменений в УЧПУ.
- **[Shift]+[F2] – Редактировать**. Редактирование данных текущей ячейки таблицы.
- **[Shift]+[F3] – Скопировать машинные координаты**. Запись в текущую ячейку машинную координату (координату в системе координат станка) по данной оси.
- **[Shift]+[F6] – Референтные точки**. Отображение таблицы координат референтных точек.
- **[Shift]+[F7] – КС**. Отображение таблицы систем координат заготовки.

Перед запуском режима преднабора или автоматического режима необходимо определить положение нулевой точки заготовки в системе координат станка. Нуле-

вая точка заготовки является началом системы координат заготовки. Все позиционные данные в программе задаются относительно этой точки. Установка смещений нулевой точки заготовки относительно нулевой точки станка называется «привязкой» к заготовке или установкой нуля детали.

Для задания смещения рабочей системы координат следует:

- выбрать одну из координатных систем и ось перемещением фокуса ввода в таблице;
- выполнить перемещение в ручном режиме в требуемое положение;
- нажатием кнопки **[Shift]+[F3] – Скопировать машинные координаты** записать в текущую ячейку машинную координату по данной оси;
- повторить данные действия для других осей выбранной координатной системы.

Для применения установленных значений смещений необходимо в окне «Привязки» нажать клавишу **[Shift]+[F1] – Сохранить**.

При выходе из данного окна по кнопке **[Esc]** новые значения не будут сохранены.

Для ручного задания смещений нулевой точки системы координат детали используется окно «Ручная привязка» (рис. 2.9), которое вызывается из окна «Привязки» клавишей **[F6]**.

При ручной привязке инструмент перемещается до соприкосновения с заготовкой. Смещение нулевой точки по заданной оси рассчитывается с учётом параметров инструмента, направления движения и припуска.

В данном окне активно нижнее меню, которое содержит пункт **[F4] – Привязать** – записать координату точки контакта по выбранной оси в таблицу смещений координатной системы.

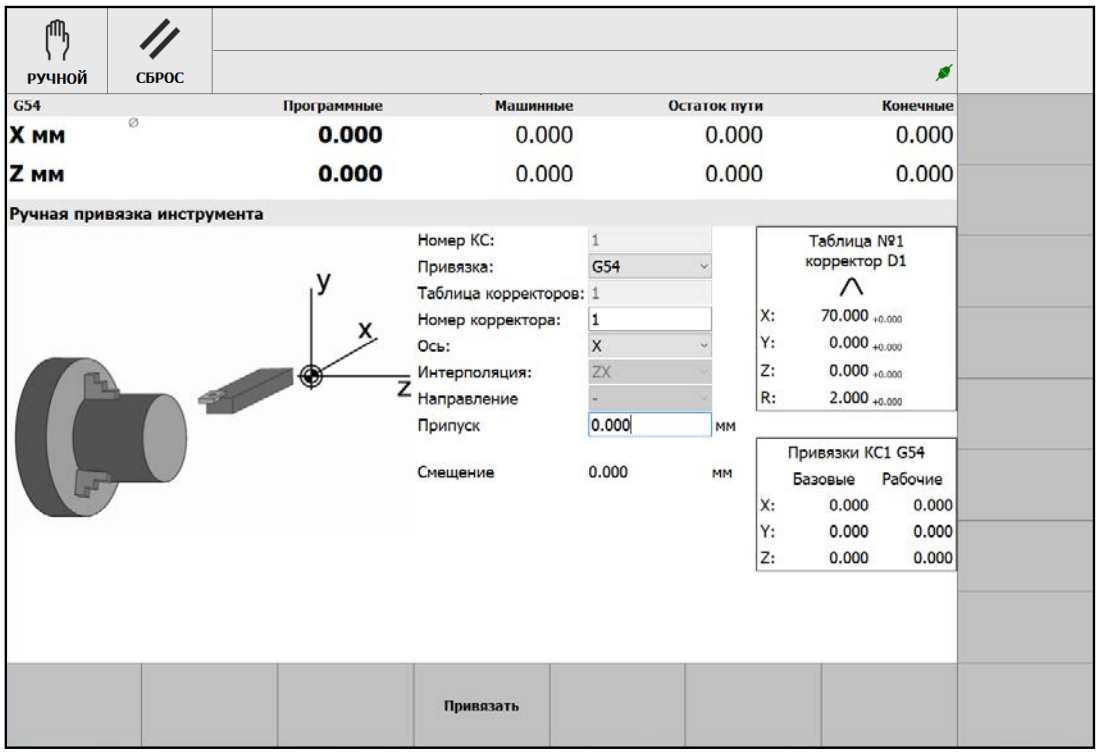


Рис. 2.9. Окно «Ручная привязка»

Для ручной привязки задаются:

- **Номер КС** – номер координатной системы.
- **Привязка** – выбор системы координат заготовки для записи смещения.
- **Таблица корректоров** – номер таблицы корректоров.
- **Номер корректора** – номер корректора инструмента.
- **Ось** – ось, по которой определяется смещение.
- **Интерполяция** – плоскость интерполяции.
- **Направление** – направление подхода к заготовке (направление перемещения инструмента по оси).
- **Припуск** – расстояние от края инструмента до заготовки.

Вид данного окна может меняться в зависимости от номера выбранного корректора (типа инструмента).

2.2.4 Корректора

Открытие окна «Корректора» (рис. 2.10) осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[F4]**.

В данном окне задаются значения параметров корректоров инструмента:

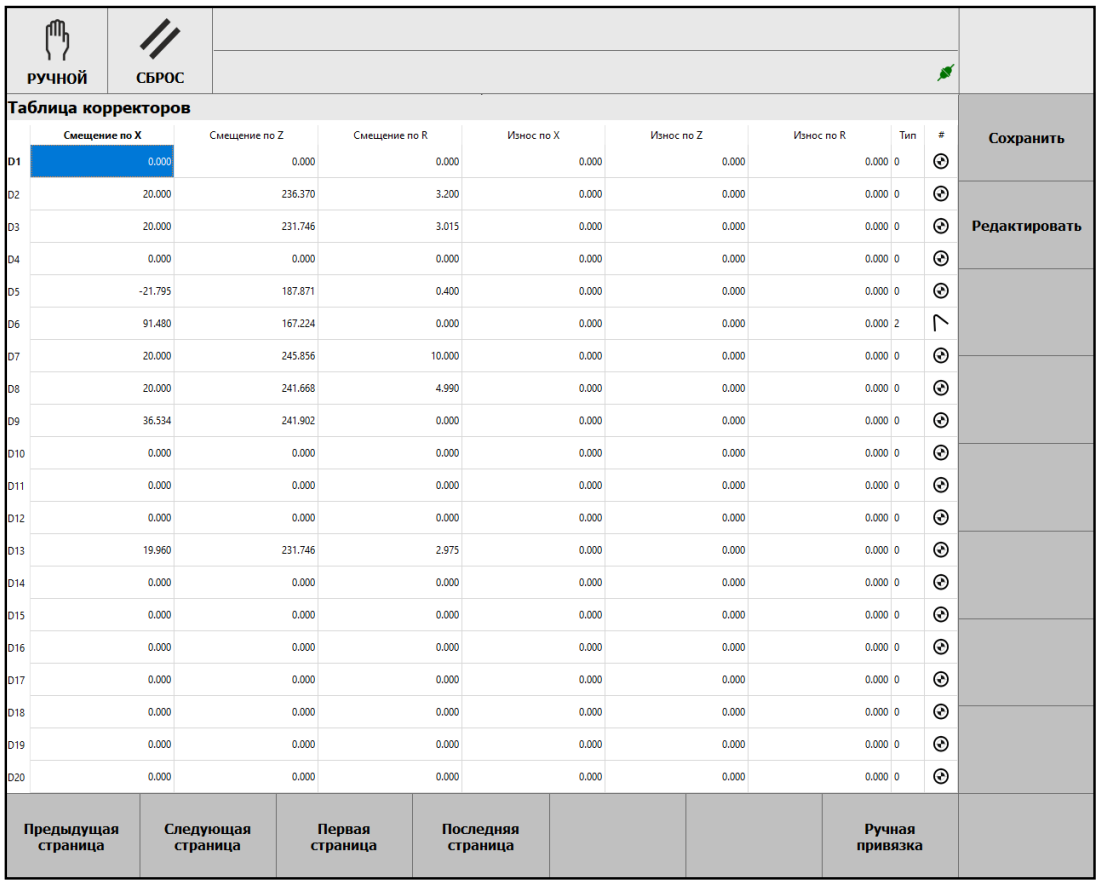
- смещение по X – смещение инструмента по оси X;
- смещение по Z – смещение инструмента по оси Z;
- смещение по R – смещение инструмента по радиусу;
- износ по X – значение, вычитаемое из размера инструмента по оси X, для вычисления реального размера;
- износ по Z – значение, вычитаемое из размера инструмента по оси Z, для вычисления реального размера;
- износ по радиусу – значение, вычитаемое из номинального радиуса, для вычисления реального радиуса;
- тип – тип ориентации режущей кромки инструмента;
- # – номер, соответствующий типу ориентации режущей кромки инструмента.

Внимание!

Окончательный размер инструмента устанавливается как сумма смещения и износа по данной оси.

Таблица может содержать до 100 строк, каждая из которых определяет корректор инструмента. Таблица выводится на экран постранично.

Для перемещения между ячейками в таблице используются клавиши ←, →, ↑ и ↓, а также клавиши перемещения курсора на одну страницу вверх **[PgUp]** и вниз **[PgDn]**.



	Смещение по X	Смещение по Z	Смещение по R	Износ по X	Износ по Z	Износ по R	Тип	#
D1	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D2	20.000	236.370	3.200	0.000	0.000	0.000	0	
D3	20.000	231.746	3.015	0.000	0.000	0.000	0	
D4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D5	-21.795	187.871	0.400	0.000	0.000	0.000	0	
D6	91.480	167.224	0.000	0.000	0.000	0.000	2	
D7	20.000	245.856	10.000	0.000	0.000	0.000	0	
D8	20.000	241.668	4.990	0.000	0.000	0.000	0	
D9	36.534	241.902	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D13	19.960	231.746	2.975	0.000	0.000	0.000	0	
D14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D15	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D16	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D17	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D18	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D19	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	
D20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0	

Рис. 2.10. Окно «Корректора»

В окне «Корректора» активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Предыдущая страница**. Переход на предыдущую страницу таблицы.
- **[F2] – Следующая страница**. Переход на следующую страницу таблицы.
- **[F3] – Первая страница**. Переход на первую страницу таблицы.
- **[F4] – Последняя страница**. Переход на последнюю страницу таблицы.
- **[F7] – Ручная привязка**. Ручная привязка инструмента.
- **[Shift]+[F1] – Сохранить**. Сохранение внесённых в таблице изменений в УЧПУ.
- **[Shift]+[F2] – Редактировать**. Редактирование данных текущей ячейки таблицы.

Для правильной работы функций коррекции на радиус инструмента тип ориентации режущей кромки инструмента (условной точки вершины инструмента) по отношению к центру вершины должен устанавливаться предварительно, как и значение радиуса инструмента (см. „**ПРИЛОЖЕНИЕ 3**“).

Для ручной привязки инструмента используется окно «Ручная привязка» (рис. 2.11), которое вызывается из окна «Корректора» клавишей **[F7]**.

При ручной привязке инструмент перемещается до соприкосновения с заготовкой. Смещение рассчитывается с учётом параметров инструмента, направления движения и припуска.

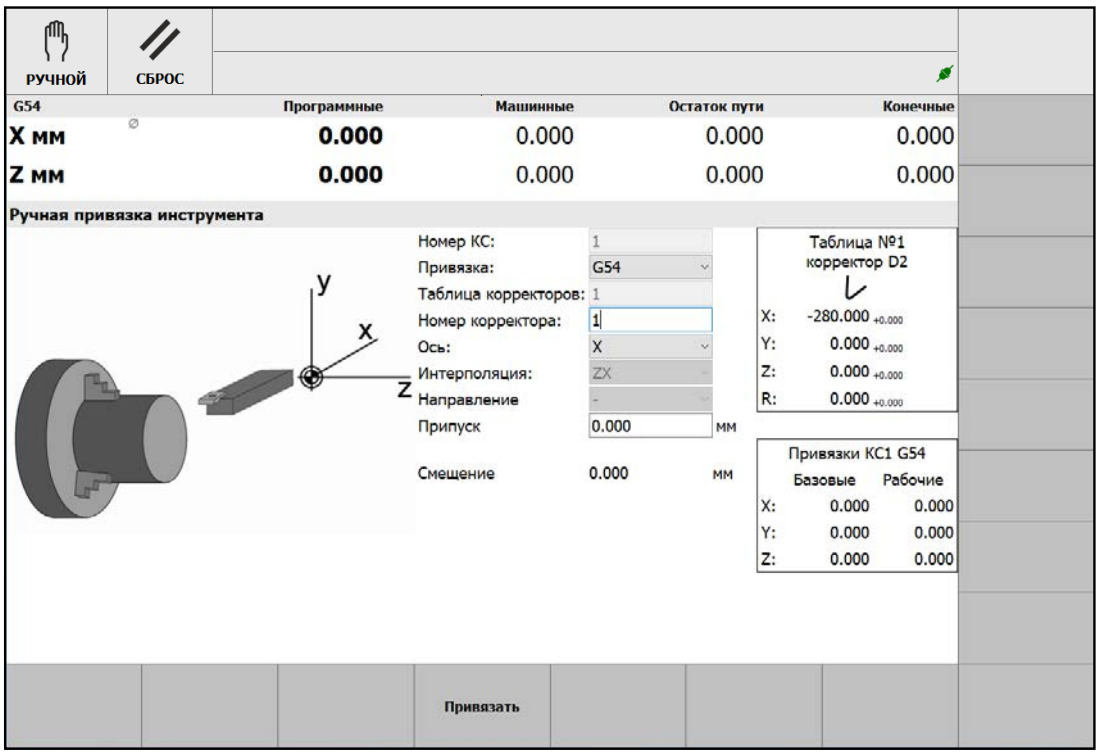


Рис. 2.11. Окно «Ручная привязка»

В данном окне активно нижнее меню, которое содержит пункт **[F4] – Привязать** – записать смещение по выбранной оси в таблицу корректоров.

Для ручной привязки задаются:

- **Номер КС** – номер координатной системы.
- **Привязка** – выбор системы координат заготовки для записи смещения.
- **Таблица корректоров** – номер таблицы корректоров.
- **Номер корректора** – номер корректора инструмента.
- **Ось** – ось, по которой определяется смещение.
- **Интерполяция** – плоскость интерполяции.
- **Направление** – направление подхода к заготовке (направление перемещения инструмента по оси).
- **Припуск** – расстояние от края инструмента до заготовки.

Вид данного окна может меняться в зависимости от номера выбранного корректора (типа инструмента).

2.2.5 Вид

Открытие окна «Вид» (рис. 2.12) осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[F6]**.

Данное окно предназначено для настройки отображения информации на экране.

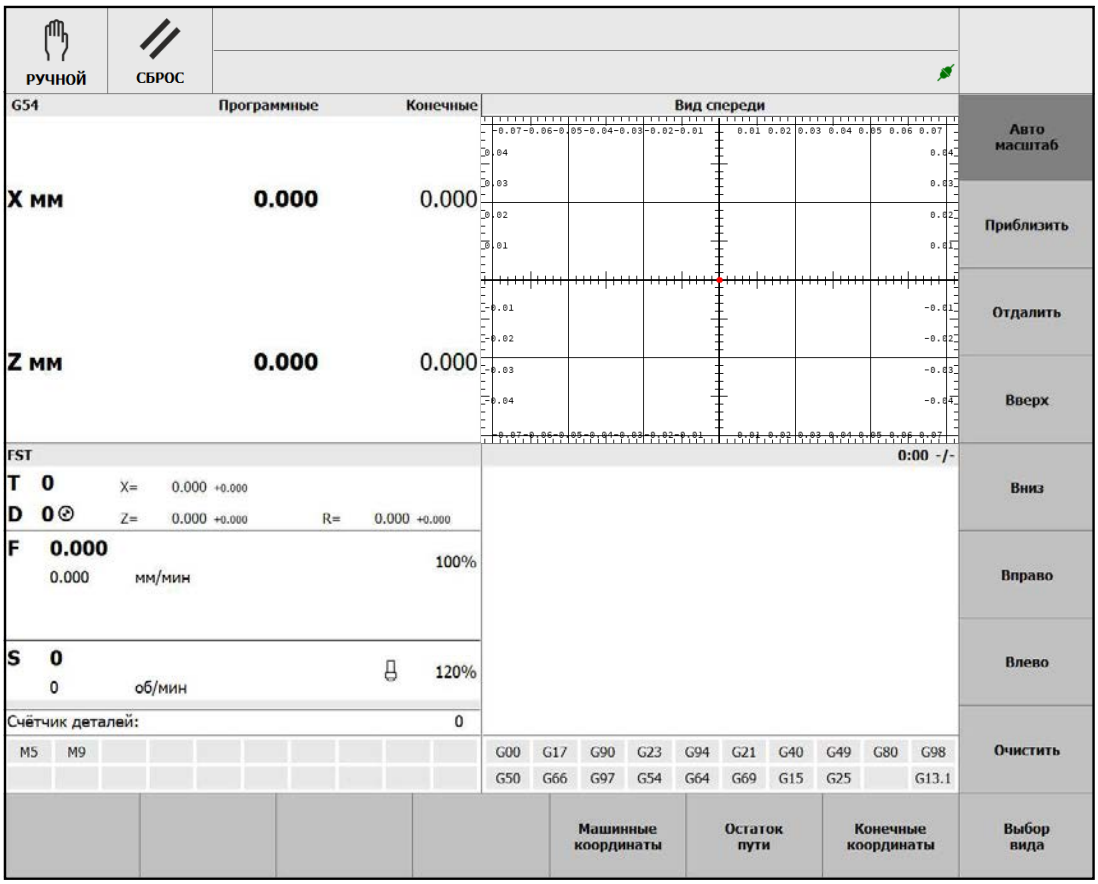


Рис. 2.12. Окно «Вид»

В окне «Вид» активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F5] – Машинные координаты**. Отображать на основном экране координаты относительно нуля станка (позицию в системе координат станка).
- **[F6] – Остаток пути**. Отображать на основном экране расстояние до конечной точки перемещения в кадре УП.
- **[F7] – Конечные координаты**. Отображать на основном экране координаты конечной позиции перемещения в кадре УП.
- **[F8] – Выбор вида**. Настройка вида отображения в секции графической отрисовки: спереди, сзади, слева, справа, сверху, снизу.
- **[Shift]+[F1] – Автомасштаб**. Автоматическое масштабирование графической отрисовки движения инструмента.
- **[Shift]+[F2] – Приблизить**. Увеличить масштаб графической отрисовки движения инструмента.
- **[Shift]+[F3] – Отдалить**. Уменьшить масштаб графической отрисовки движения инструмента.
- **[Shift]+[F4] – Вверх**. Сдвиг графической отрисовки движения инструмента вверх.
- **[Shift]+[F5] – Вниз**. Сдвиг графической отрисовки движения инструмента вниз.
- **[Shift]+[F6] – Вправо**. Сдвиг графической отрисовки движения инструмента вправо.
- **[Shift]+[F7] – Влево**. Сдвиг графической отрисовки движения инструмента влево.
- **[Shift]+[F8] – Очистить**. Очистить секцию графической отрисовки.

2.2.6 Сообщения

Открытие окна «Сообщения» (рис. 2.13) осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[F7]**.

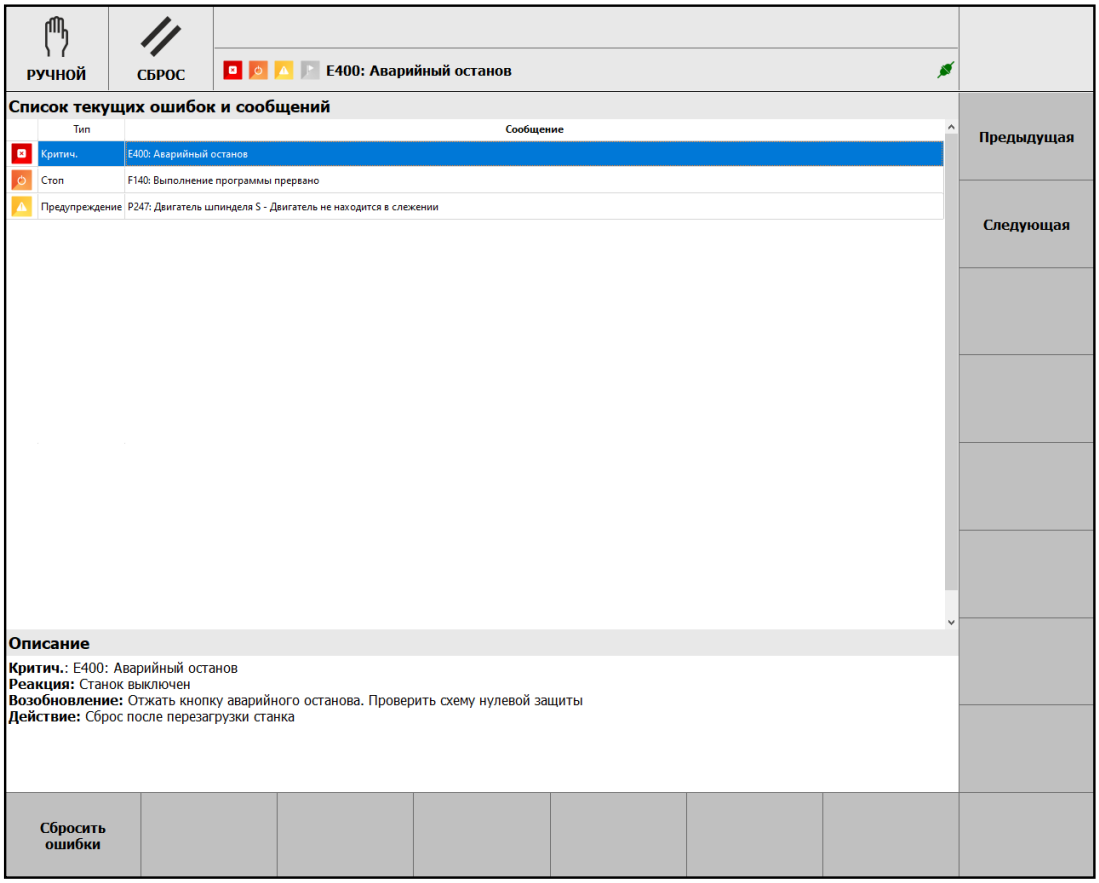


Рис. 2.13. Окно «Сообщения»

Данное окно предназначено для просмотра сообщений об активных ошибках, предупреждений и информационных сообщений, список которых выводится в виде таблицы, а также для сброса ошибок.

В окне «Сообщения» активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[F1] – Сбросить ошибки**. Команда сброса ошибок.
- **[Shift]+[F1] – Предыдущая**. Переход в таблице на строку вверх.
- **[Shift]+[F2] – Следующая**. Переход в таблице на строку вниз.

Для перемещения между строками таблицы также используются клавиши ↑, ↓ и перемещения курсора на одну страницу вверх **[PgUp]** и вниз **[PgDn]**.

В первом и втором столбцах таблицы отображаются тип сообщения в виде пиктограммы и текста, см. раздел „**Типы сообщений**“ (стр. 56). В третьем столбце – код сообщения, имя источника и текст сообщения. В нижней части окна выдаются описание сообщения.

2.2.7 Настройки

Открытие меню «Настройки» (рис. 2.14) осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[Shift]+[F1]**.

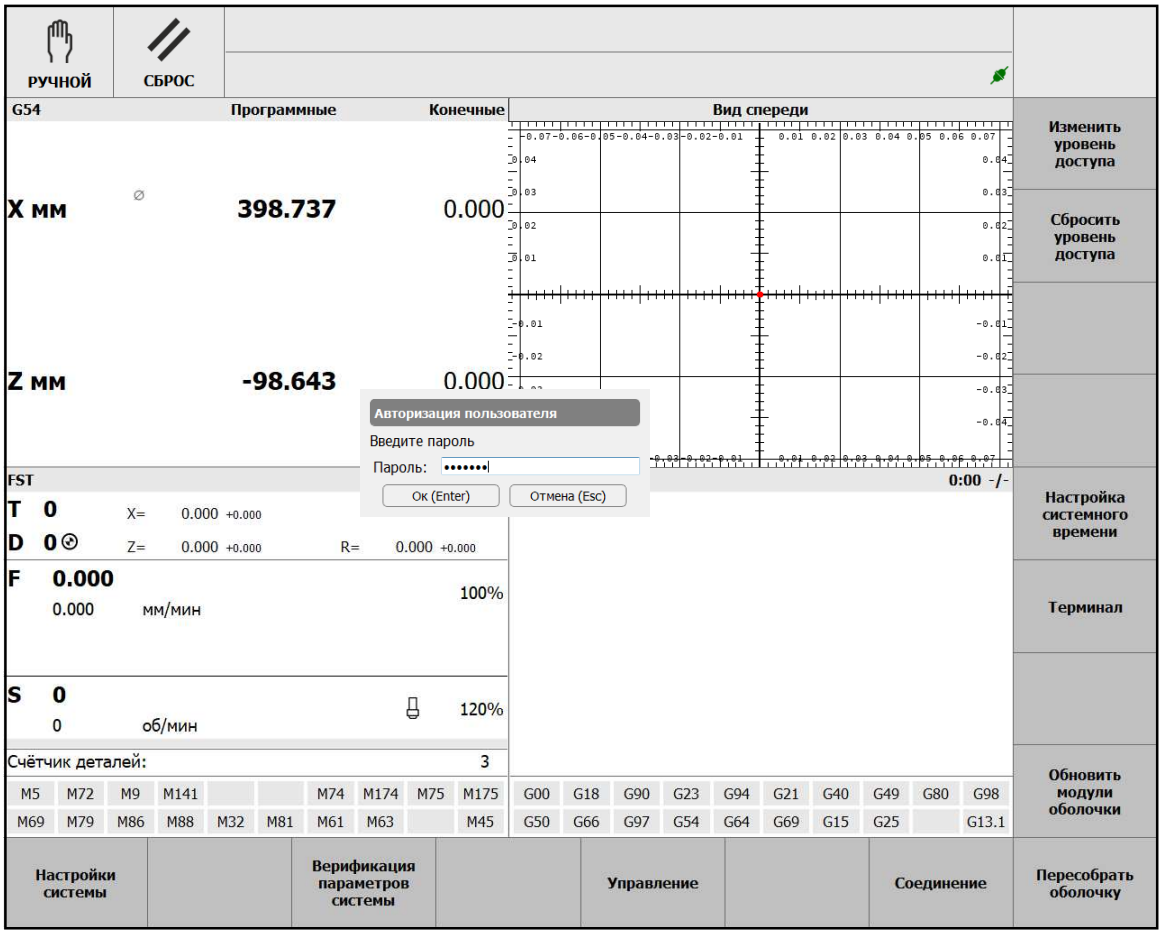


Рис. 2.14. Меню «Настройки»

Во избежание несанкционированного доступа к СЧПУ установлены следующие уровни доступа:

1. «Оператор» – доступ с ключевой (аппаратной) защитой к оперативному управлению станком.
2. «Технолог» – доступ с парольной защитой к технологическим параметрам (параметры выполнения УП, G-функций и обработки детали).
3. «Наладчик» – доступ с парольной защитой к параметрам уровня «Технолог», а также к функциональным параметрам (параметрам настройки оборудования).
4. «Системный интегратор» – доступ с парольной защитой к параметрам уровня «Технолог», «Наладчик», а также к системным параметрам СЧПУ.

В зависимости от текущего уровня доступа некоторые параметры могут быть недоступны для просмотра и изменения. Переключение уровней доступа с парольной защитой осуществляется через пункт меню «Настройки» оболочки оператора.

Меню «Настройки» содержит следующие пункты:

- **[F1] – Настройки системы**. Просмотр и редактирование технологических и функциональных параметров.
- **[F3] – Верификация параметров системы**. Проверка настроек системы.
- **[F5] – Управление**. Запуск команд закрытия оболочки.
- **[F7] – Соединение**. Просмотр и редактирование настроек подключения к УЧПУ.
- **[F8] – Пересобрать оболочку**. Компиляция оболочки.
- **[Shift]+[F1] – Изменить уровень доступа**. Открытие окна ввода пароля для доступа к настройкам.
- **[Shift]+[F2] – Сбросить уровень доступа**. Сброс пароля доступа к настройкам.
- **[Shift]+[F5] – Настройка системного времени**. Установки даты и времени ПК.
- **[Shift]+[F6] – Терминал**. Открытие окна для ручного просмотра и изменения параметров СЧПУ в режиме командной строки.
- **[Shift]+[F8] – Обновить модули оболочки**. Перезагрузить модули оболочки.

Просмотр и редактирование технологических и функциональных параметров выполняется в окне «Настройки системы» (рис. 2.15).

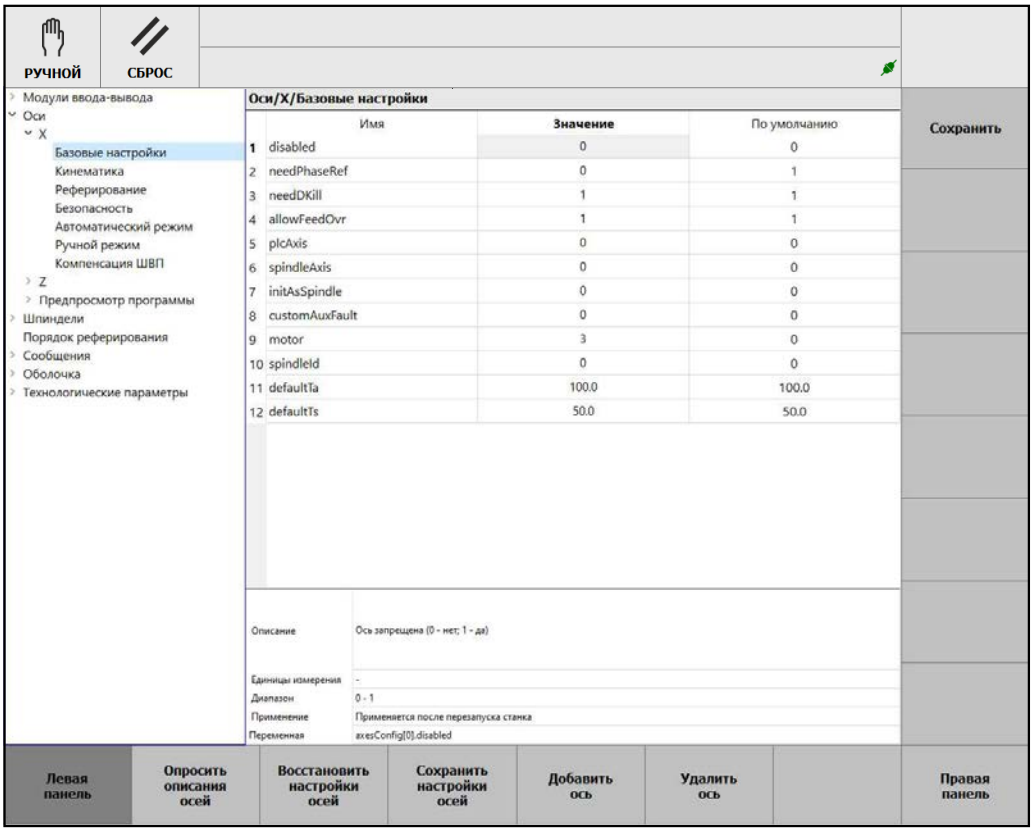


Рис. 2.15. Окно «Настройки системы»

В левой части окна показываются группы переменных. В правой части окна выводятся названия переменных, их значения и справочная информация по ним.

Описание технологических и функциональных параметров приведено в разделе „**ПРИЛОЖЕНИЕ 2**“ (стр. 60).

В данном окне активно нижнее меню, пункты которого **[F1]** – **[F6]** являются контекстно-зависимыми.

Пункт нижнего меню **[F8]** служит для переключения фокуса ввода между левой и правой частями окна. Активная часть выделяется синей рамкой (рис. 2.15).

Боковое меню содержит пункт **[Shift]+[F1] – Сохранить**, то есть записать значения параметров в УЧПУ.

2.2.8 Диагностика

Открытие окна «Диагностика» осуществляется из основного экрана оболочки нажатием кнопки **[Shift]+[F2]**.

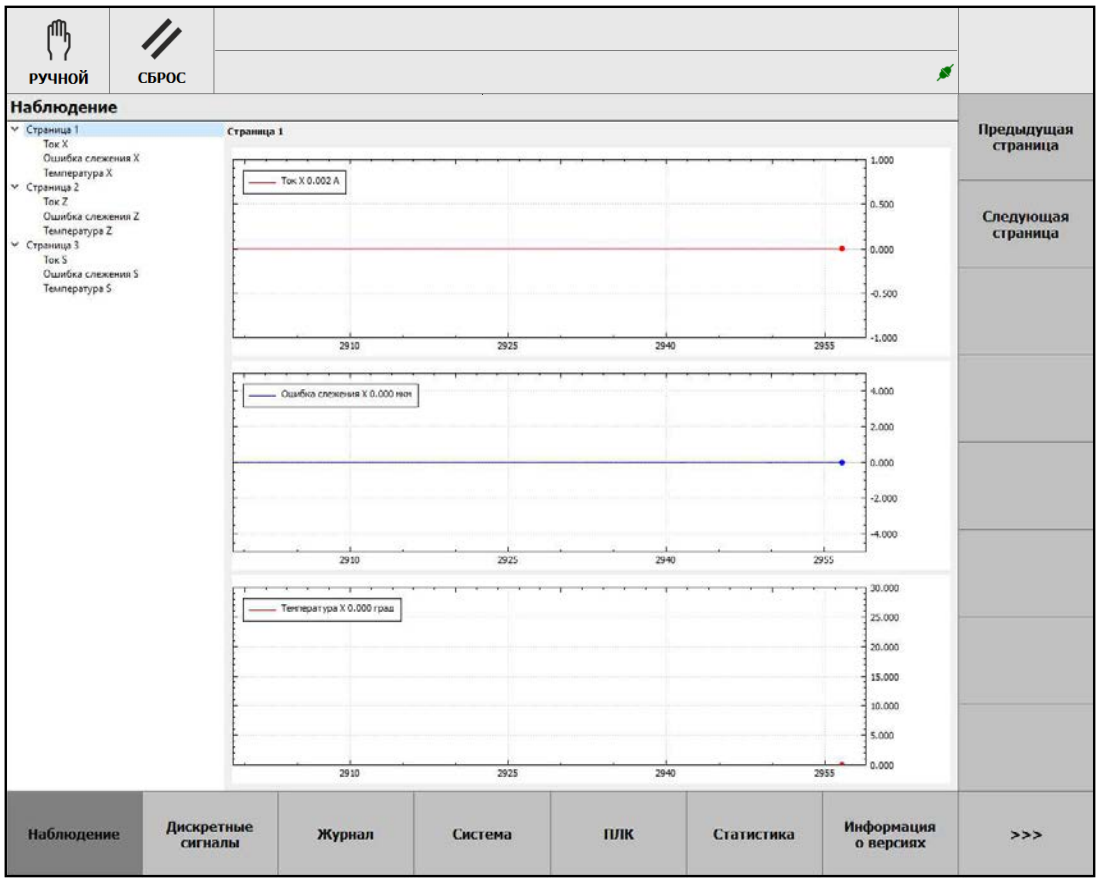


Рис. 2.16. Окно «Диагностика»

Данное окно предназначено, в основном, для обслуживающего и ремонтного персонала и не используется при штатной работе станка.

В данном окне (рис. 2.16) активно нижнее меню, которое состоит из двух частей.

Первая часть нижнего меню содержит следующие пункты:

- **[F1] – Наблюдение**. В постраничном режиме отображение графиков токов и температуры двигателей, ошибок слежения осей и шпинделей.
- **[F2] – Дискретные сигналы**. Открытие окна просмотра состояния дискретных входов, просмотра и изменения состояния выходов.
- **[F3] – Журнал**. Открытие окна просмотра состояния системы, предупреждений, ошибок, информации о компиляции, выполнении программ и переключении режимов.

- **[F4] – Система**. Открытие окна просмотра информации о конфигурации СЧПУ.
- **[F5] – ПЛК**. Открытие окна просмотра состояния программ ПЛК.
- **[F6] – Статистика**. Открытие окна просмотра параметров и состояния ПК.
- **[F7] – Информация о версиях**. Открытие окна просмотра информации о версиях системного программного обеспечения.
- **[F8] –** >>>. Переход ко второй части нижнего меню.

Вторая часть нижнего меню содержит следующие пункты:

- **[F1] –** <<<. Переход к первой части нижнего меню.
- **[F2] – Системный журнал**. Открытие окна просмотра сообщений операционной системы пульта оператора.
- **[F3] – Журнал контроллера**. Открытие окна просмотра сообщений блока управления (УЧПУ)).

В окне «Диагностика» активно боковое меню, которое является контекстно-зависимым.

2.2.9 Модификаторы

Боковое меню «Модификаторы» (рис. 2.17) доступно в автоматическом режиме и в режиме преднабора.

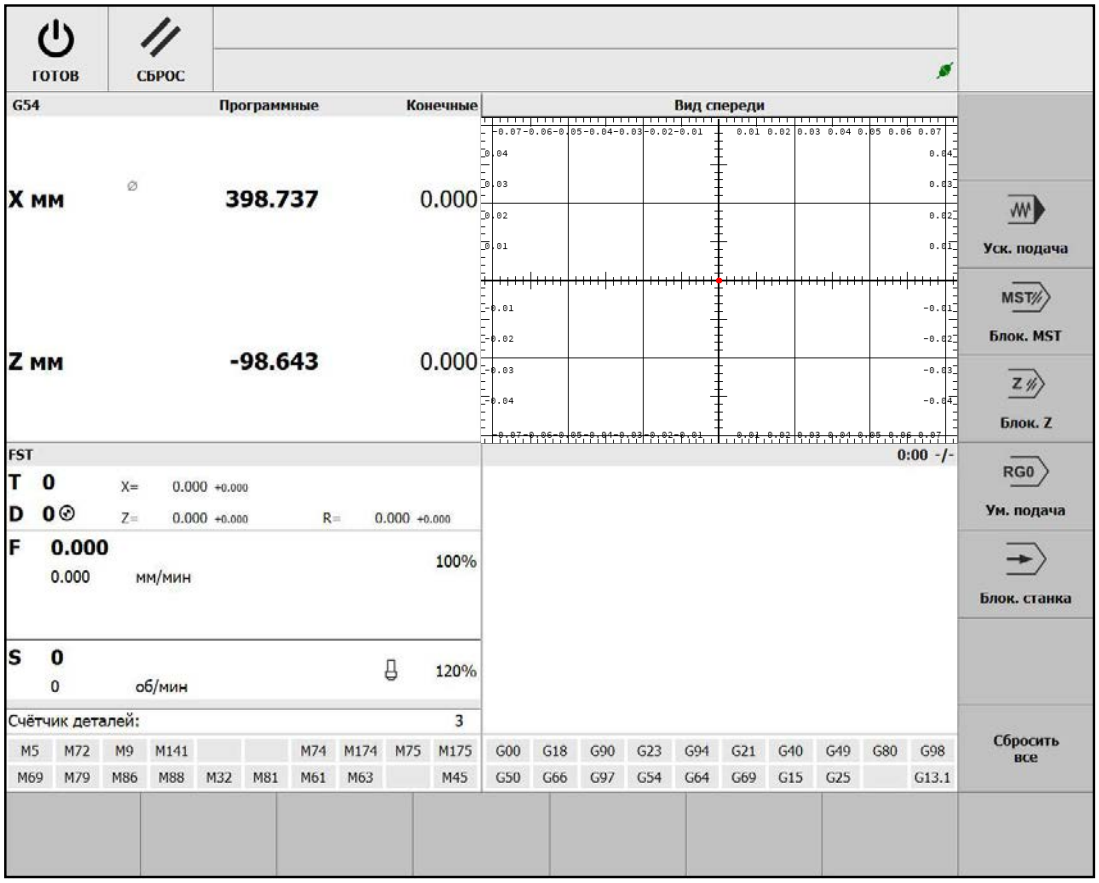


Рис. 2.17. Окно «Модификаторы»

В указанных режимах работы боковое меню основного экрана оболочки содержит пункт «Модификаторы». Для открытия меню «Модификаторы» следует нажать кнопку **[Shift]+[F3]**.

В данном окне активно меню, которое содержит следующие пункты:

- **[Shift]+[F2] – Уск. подача**. Включение ускоренной подачи.
- **[Shift]+[F3] – Блок. MST**. Блокировка M, S и T - функций.
- **[Shift]+[F4] – Блок. Z**. Блокировка движения оси Z.
- **[Shift]+[F5] – Ум. подача**. Включение уменьшенной подачи быстрого хода.
- **[Shift]+[F6] – Блок. станка**. Блокировка движения осей и шпинделя.
- **[Shift]+[F8] – Сбросить всё**. Отменить действие всех модификаторов.

Описание модификаторов выполнения программы приведено в разделе „**Параметры отработки УП**“ (стр. 51).

2.3 Вспомогательные инструменты

Калькулятор

Открытие окна «Калькулятор» (рис. 2.18) может быть выполнено в любом месте оболочки оператора нажатием сочетания клавиш **[Ctrl]+[K]**.

Данное окно предназначено для вычисления математических выражений, записываемых в виде одной строки.

Окно «Калькулятор» содержит следующие элементы интерфейса:

- Выбор единиц измерения углов – градусы или радианы.
- Поле «Введите выражение:» для ввода математического выражения.
- Поле «Результат:» для вывода результата вычисления.

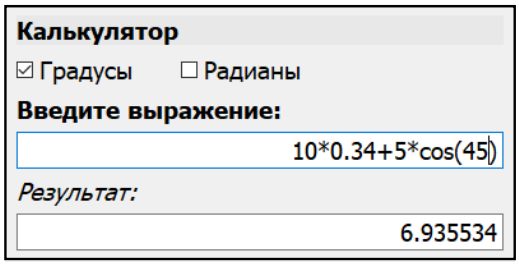


Рис. 2.18. Окно «Калькулятор»

В случае невозможности произвести расчёт, в поле для вывода результата вычисления выводится «NaN» (специальная величина – не число, её значение не определено) или «Ошибка».

Максимальное число знаков после запятой равно 6.

В таблице 2.1 приведён список поддерживаемых математических функций.

Таблица 2.1. Математические функции

Функция	**Описание**
abs(x)	Функция возвращает абсолютное значение (модуль) аргумента x.
ceil(x)	Функция округляет аргумент x до наименьшего целого числа, которое больше или равно аргументу. Например, если аргумент равен 1.02, то функция ceil возвращает 2. Если аргумент равен -1.02, то функция ceil возвращает -1.
floor(x)	Функция округляет аргумент x до наибольшего целого числа, которое меньше или равно аргументу. Например, если аргумент равен 1.02, то функция floor возвращает 1. Если аргумент равен -1.02, то функция floor возвращает -2.
max(...args)	Функция возвращает наибольшее из значений аргументов.
min(...args)	Функция возвращает наименьшее из значений аргументов.
random()	Функция генерирует случайное число от 0.0 до 1.0.
round(x)	Функция округляет аргумент x до ближайшего целого числа. Если аргумент отстоит от наибольшего и наименьшего целого на одну и ту же величину, то округление производится до ближайшего большего целого числа. Например, если аргумент равен 1.02, то функция возвращает 1. Если аргумент равен -1.02, то функция возвращает -1.
exp(x)	Функция возвращает значение экспоненты аргумента x, то есть e^x.
log(x)	Функция возвращает значение натурального логарифма аргумента x.
pow(x, y)	Функция возвращает значение аргумента x, возведённого в степень y, то есть x^y.
sqrt(x)	Функция возвращает значение квадратного корня аргумента x. Аргумент должен быть больше 0.
cos(x)	Функция возвращает значение косинуса аргумента x. Возвращаемое значение лежит в пределах от -1.0 до +1.0.
sin(x)	Функция возвращает значение синуса аргумента x. Возвращаемое значение лежит в пределах от -1.0 до +1.0.
tan(x)	Функция возвращает значение тангенса аргумента x. Возвращаемое значение лежит в пределах от -1.0 до +1.0.
acos(x)	Функция возвращает главное значение арккосинуса аргумента x. Аргумент должен быть в диапазоне от -1.0 до +1.0.
asin(x)	Функция возвращает главное значение арксинуса аргумента x. Аргумент должен быть в диапазоне от -1.0 до +1.0.
atan(x)	Функция возвращает главное значение арктангенса аргумента x.
atan2(x, y)	Функция возвращает главное значение арктангенса аргумента $\frac{y}{x}$.

В таблице 2.2 приведён список констант.

Таблица 2.2. Константы

Константа	**Описание**	**Значение**
E	Значение основания натурального логарифма	2.718282
LN10	Значение натурального логарифма числа 10	2.302585
LN2	Значение натурального логарифма числа 2	0.693147
LOG2E	Значение логарифма по основанию 2 константы E	1.442695
LOG10E	Значение логарифма по основанию 10 константы E	0.434294
PI	Значение π (угла 180° в радианах)	3.141593
SQRT1_2	Значение квадратного корня числа $\frac{1}{2}$	0.707107
SQRT2	Значение квадратного корня числа 2	1.414214

3 . Режимы работы

3.1 Ручной режим

Данный режим используется для ручного позиционирования осей станка (безразмерные и дискретные перемещения), ручного управления рабочими органами и узлами станка.

3.1.1 Безразмерные перемещения

Безразмерные перемещения – движение со скоростью, заданной технологическим параметром «speedRapid», с учётом коррекции подачи.

Для начала работы в данном подрежиме необходимо установить ручной режим кнопкой .

Для перемещения оси с учётом коррекции подачи выполнить движение оси в требуемом направлении нажатием соответствующих кнопок на функциональной клавиатуре.

Значения скорости безразмерных перемещений для каждой оси задаётся технологическим параметром «speedRapid» («Настройка» – «Настройки системы» – «Ось» – «Ручной режим»).

3.1.2 Дискретные перемещения

Дискретные перемещения осей выполняются посредством функциональной клавиатуры.

Для выполнения дискретных перемещений необходимо установить ручной режим кнопкой , затем выбрать величину дискреты (шага) перемещения оси кнопками .001 (0.001 мм), .01 (0.01 мм), .1 (0.1 мм) или 1 (1 мм).

Перемещение по оси с помощью функциональной клавиатуры в положительном или отрицательном направлении выполняется нажатием соответствующих кнопок на функциональной клавиатуре пульта оператора.

Однократное нажатие кнопки вызывает перемещение по оси на одну дискрету.

Значения дискреты (шага) перемещений для каждой оси задаются технологическими параметрами «IncStep», а скорости дискретных перемещений – параметром «IncSpeed» («Настройка» – «Настройки системы» – «Ось» – «Ручной режим»).

Примечание.

При работе с пультом оператора дискретные перемещения можно выполнить с помощью электронного штурвала, для чего следует установить режим дискретных перемещений кнопкой DRF.

Для перемещения оси необходимо выбрать величину дискреты (шага) перемещения, затем – ось однократным нажатием кнопки перемещения (в «+» или в «-») требуемой оси.

Вращение электронного штурвала по часовой стрелке приводит к движению в положительном направлении, а вращение против часовой стрелки – в отрицательном.

3.1.3 Управление шпинделем

Управление шпинделем осуществляется в ручном режиме и с помощью вспомогательных М-функций.

В ручном режиме для управления используются следующие кнопки пульта оператора:

- – включение вращения по часовой стрелке;
- – включение вращения против часовой стрелки;
- – выключение шпинделя.

Управление шпинделем в режиме преднабора и в автоматическом режиме осуществляется с помощью следующих М-функций:

- M03 – включение шпинделя, вращение по часовой стрелке;
- M04 – включение шпинделя, вращение против часовой стрелки;
- M05 – останов шпинделя;
- M19 – включение ориентации шпинделя и его останов при достижении им определённого углового положения.

Частоту вращения шпинделя можно плавно изменять с помощью корректора S% в процентном отношении от 50 до 120% от заданной частоты. Фактическая процентная величина частоты вращения S% отображается в оболочке оператора в области текущих данных.

Скорость вращения шпинделя равна значению, которое было запрограммировано последним по S-адресу. Установка или изменение скорости вращения осуществляется в окне «Шпиндель» при запуске М-кода, в режиме MDI или в автоматическом режиме командой Sx, где x – число оборотов шпинделя в минуту.

Состояние шпинделя отображается выводом соответствующих пиктограмм и данных в оболочке оператора в секции текущих данных (3).

3.2 Реферирование

Реферирование – операция, необходимая для работы системы в режиме преднабора и в автоматическом режиме.

Реферирование требуется для:

- задания смещения рабочей системы координат;
- установки программных ограничителей перемещений;
- выезда в фиксированные точки станка.

Внимание!

В проектах, входящих в состав тренажера–эмулятора, настроено «реферирование по абсолютному положению». Реферирование выполняется автоматически после нажатия кнопки «Включение» станка на функциональной клавиатуре. Машинные координаты устанавливаются равными координатам первой референтной точки (G28).

Не изменяйте параметры реферирования! Это может привести к невозможности работы в автоматическом режиме и режиме MDI.

Описание параметров реферирования, которое приведено ниже, предназначено исключительно для ознакомления с настройками системы ЧПУ.

3.2.1 Параметры реферирования

Параметры реферирования осей (шпинделей) задаются в окне «Настройки системы» («Настройка» – «Настройки системы» – «Оси(Шпиндели)» – «Реферирование»), показанном на рис. 2.15.

Параметры реферирования по сигналу «концевика» и/или индексной метке ДОС

Параметры реферирования показаны на рис. 3.1.

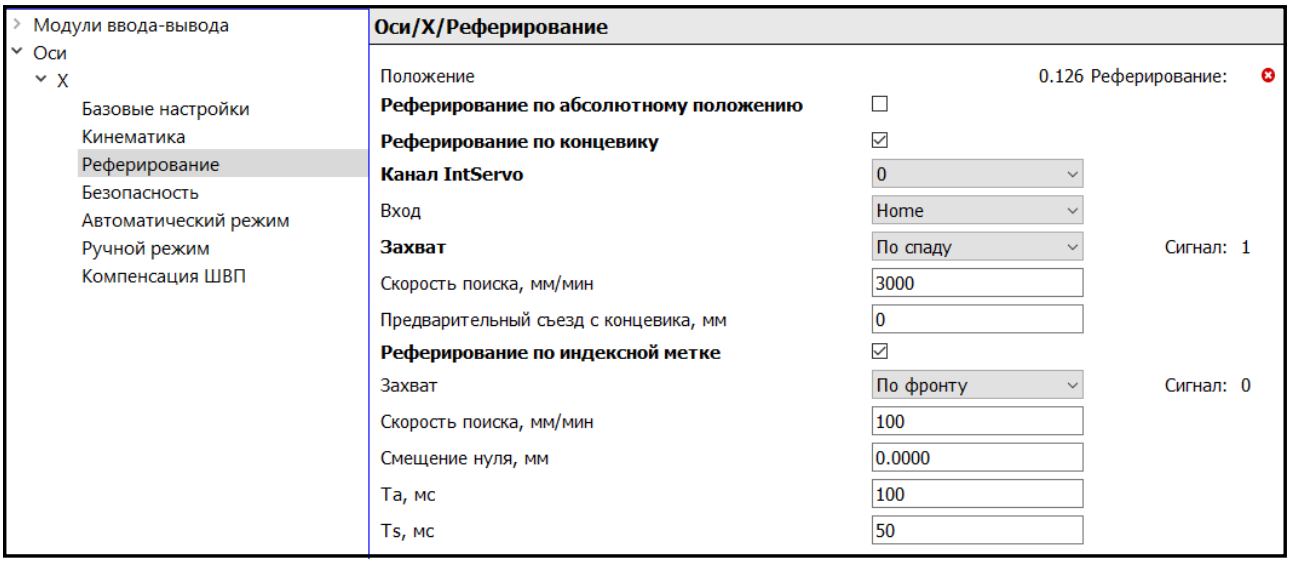


Рис. 3.1. Параметры реферирования по сигналу «концевика» и/или индексной метке ДОС

Как правило, данные параметры устанавливаются для осей (шпинделей) с инкрементальными ДОС. В ходе данной операции оси (шпиндели) совершают выезд в нулевые положения, при котором выполняется физическое движение механизмов.

Параметры реферирования по абсолютному положению

Параметры реферирования показаны на рис. 3.2.

Данные параметры устанавливаются для осей (шпинделей) с абсолютными ДОС. В ходе данной операции физического движения механизмов не требуется, если не задан выезд в референтные точки параметром «Требуется выезд в РТ после включения».

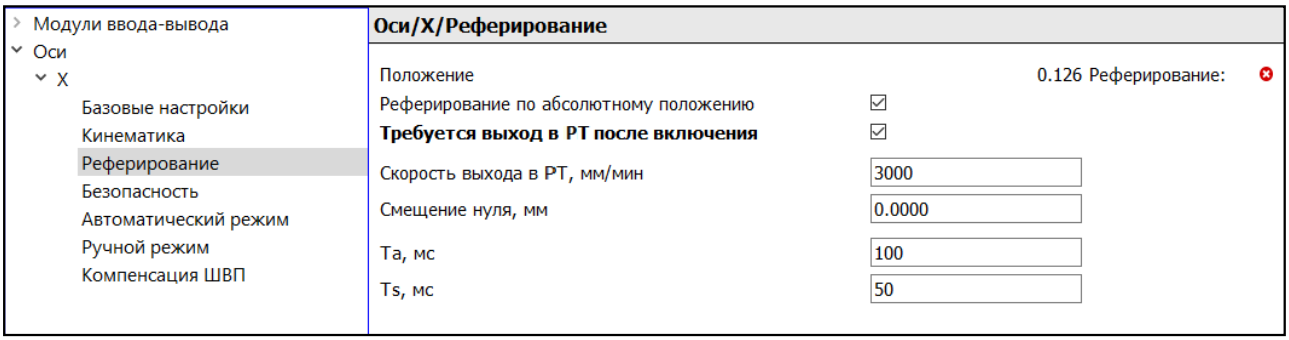


Рис. 3.2. Параметры реферирования по абсолютному положению

Координаты референтных точек по осям G28/G30P1 задаются в окне «Привязки» – «Референтные точки» (рис. 3.3).

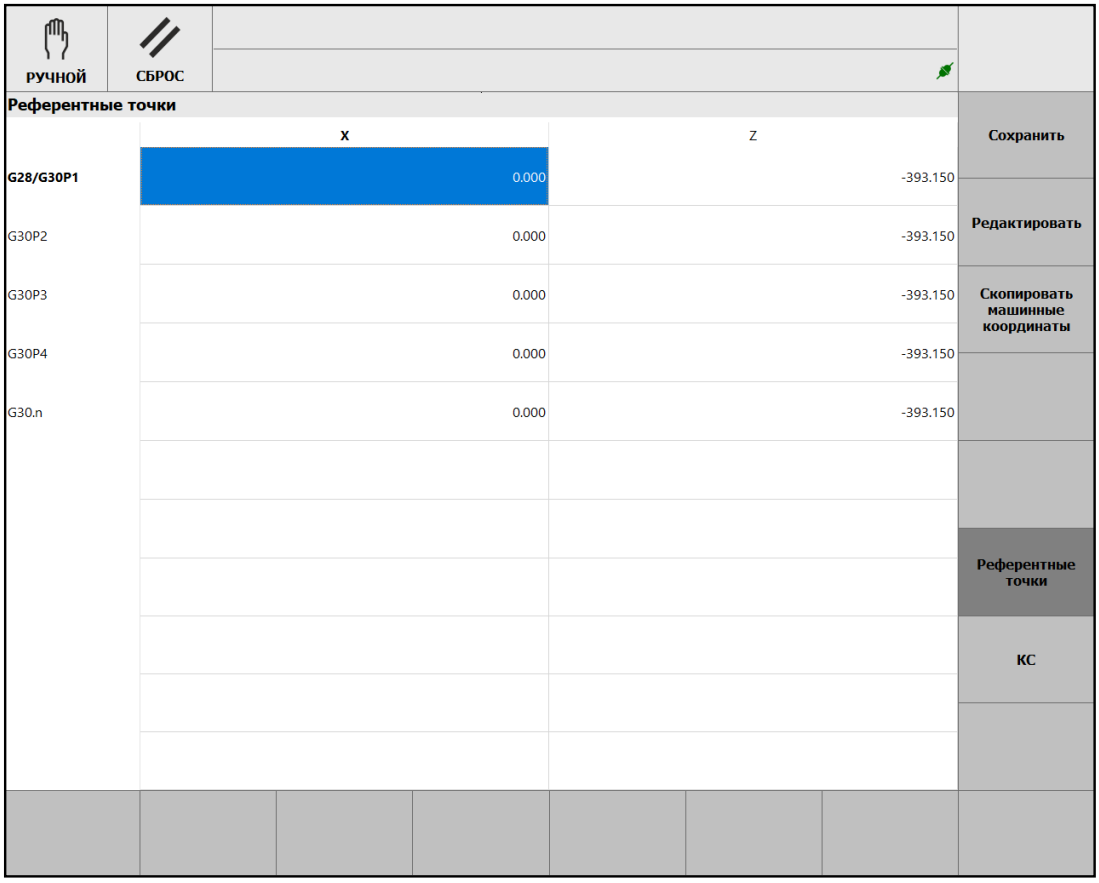


Рис. 3.3. Окно «Референтные точки»

Задание смещений нуля системы координат станка

В окне настройки реферирования возможно установить смещение нуля системы координат станка (машинного нуля) по осям, для чего необходим уровень доступа «Наладчик».

Для непосредственного задания смещения нуля по данной оси служит поле «Смещение нуля, мм».

Для автоматического расчёта смещения необходимо переместить ось в заданное положение, затем вызвать диалоговое окно «Требуемая машинная координата» (пункт бокового меню **[Shift]+[F3] – Установка смещения**) и в нём ввести координату по данной оси (рис. 3.4), которая будет соответствовать текущему положению оси. После этого автоматически рассчитается смещение нуля системы координат станка по данной оси.

Внимание!

Новое значение смещения применяется только после повторного реферирования.

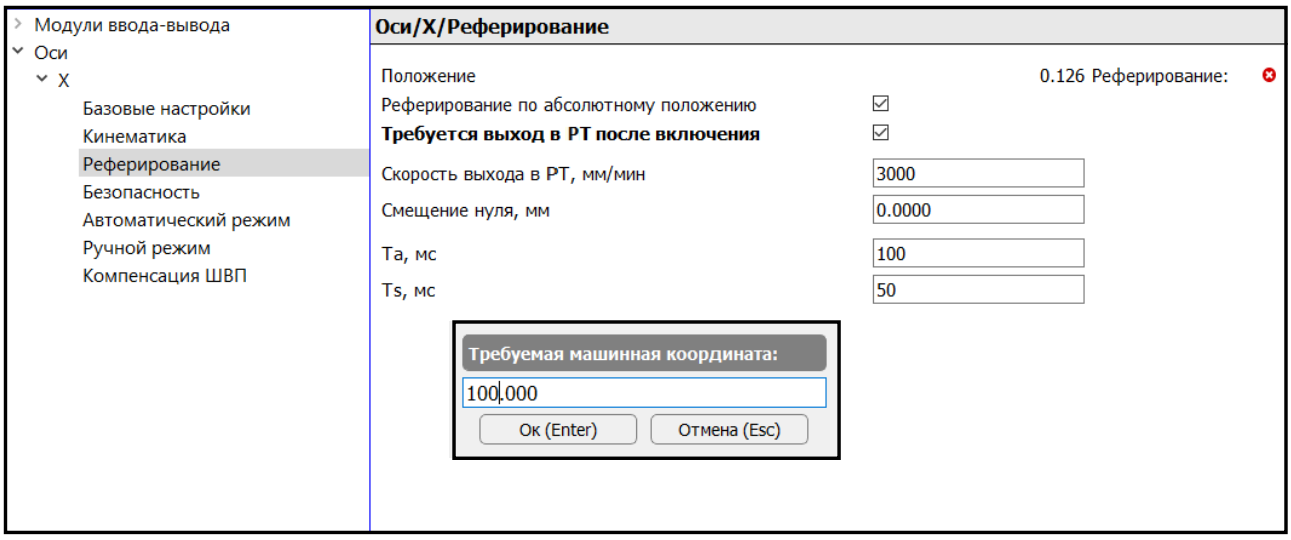


Рис. 3.4. Окно задания текущей машинной координаты

3.2.2 Порядок выполнения реферирования

После включения станка кнопка на функциональной клавиатуре мигает, что сигнализирует о том, что необходимо выполнить реферирование осей и узлов станка. Включение режима реферирования производится нажатием данной кнопки.

Возможны два варианта реферирования осей (шпинделей):

1. Нажатием кнопки . В этом случае совершается автоматический выезд в нулевые положения согласно порядку реферирования, заданному в окне «Порядок реферирования» («Настройка» – «Настройки системы» – «Порядок реферирования»), которое показано на рис. 3.5.

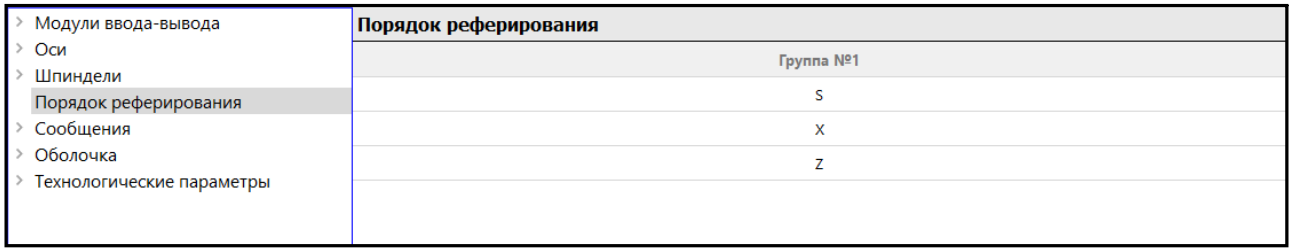


Рис. 3.5. Окно «Порядок реферирования»

Если для осей с абсолютными ДОС задан выезд в референтные точки, то выполняется физическое движение соответствующих механизмов.

2. Нажатием кнопки движения оси (шпинделя) (в «+» или в « – ») на функциональной клавиатуре. Однократное нажатие на кнопку запускает выезд в ноль выбранной оси или шпинделя.
   Если для осей с абсолютными ДОС задан выезд в референтные точки, то необходимо нажать и удерживать кнопку движения выбранной оси. Соответствующая кнопка («+» или « – ») будет мигать. Следует удерживать кнопку пока ось не достигнет заданной координаты.

После завершения операции реферирования индикатор кнопки гаснет, также как и индикаторы кнопок осей (шпинделей). Включаются программные ограничители перемещений по осям, разрешены установка координатной системы заготовки, а также работа в режиме преднабора и в автоматическом режиме.

Если после включения станка не было выполнено реферирование, то в окне сообщений программной оболочки отображается соответствующее сообщение, а на функциональной клавиатуре над кнопкой будет мигать индикатор.

Принудительное или повторное реферирование запускается аналогично начальному при включении станка.

Операцию реферирования можно прервать в любое время нажатием кнопки или .

3.3 Преднабор (MDI)

Режим преднабора предназначен для ввода, редактирования и отработки одного кадра или последовательности кадров.

Внимание!

Отработка кадров в режиме преднабора разрешена только после реферирования и при отсутствии ошибок.

Режим преднабора включается кнопкой MDI на функциональной клавиатуре. После его включения на основном экране в секции текста УП (5) появится курсор в окне преднабора (рис. 3.6).

Действия по набору и редактированию кадров аналогичны стандартным действиям при работе в текстовых редакторах.

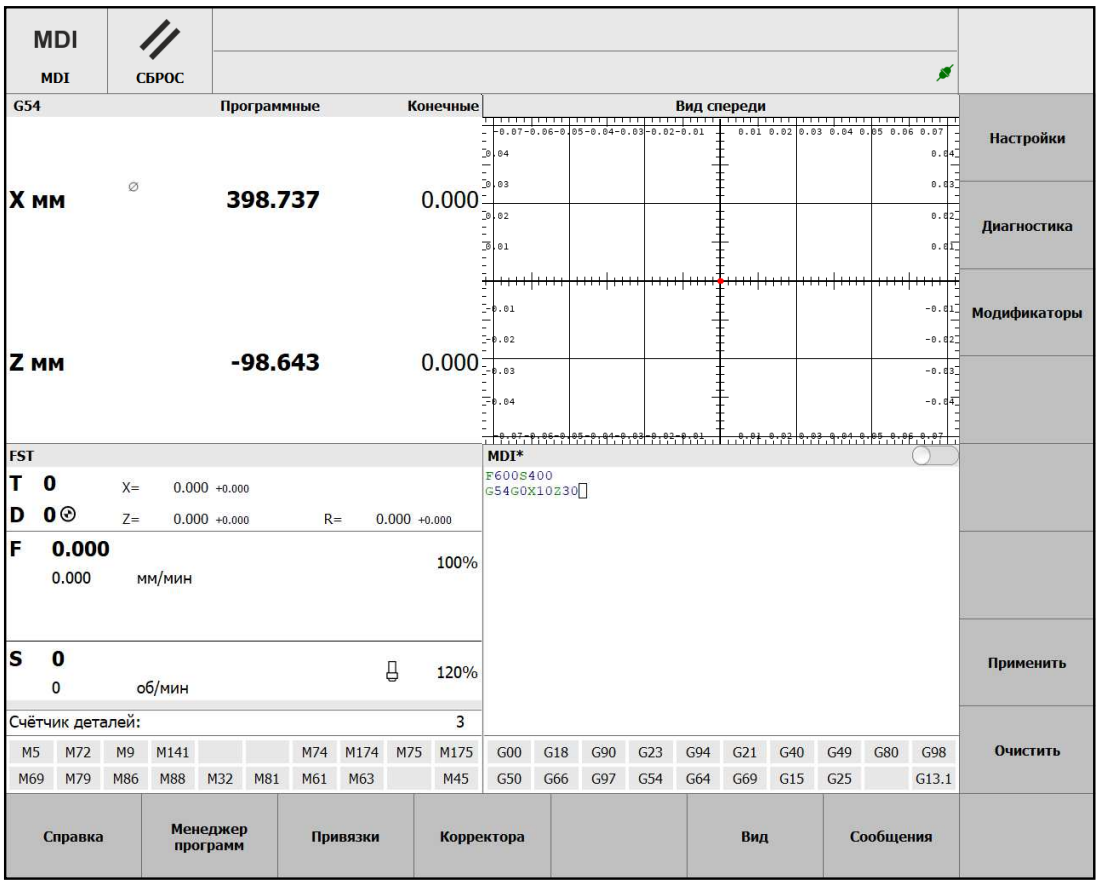


Рис. 3.6. Окно режима преднабора

В данном режиме активно боковое меню, которое содержит следующие пункты:

- **[Shift]+[F7] – Применить**. Загрузить текст программы в УЧПУ.
- **[Shift]+[F8] – Очистить**. Удалить весь текст в окне.

В данном режиме допускается программировать все подготовительные и вспомогательные функции. Если в кадре запрограммирована скорость подачи (F-адрес) или скорость вращения шпинделя (S-адрес), то их значения сохраняются в системе.

После набора кадров и нажатия кнопки **[Shift]+[F7]** отработка находящихся окне «MDI» кадров запускается нажатием кнопки на функциональной клавиатуре пульта оператора. При отработке кадров индикатор над данной кнопкой горит постоянно. После окончания отработки режим преднабора остаётся активным.

Выполнение кадров можно остановить нажатием кнопки . При этом прекращается движение осей, шпиндель выключается.

Во время останова индикатор кнопки мигает, возобновление отработки введённых кадров производится по нажатию данной кнопки.

Прекращение выполнения кадров производится нажатием кнопки .

3.4 Автоматический режим

Автоматический режим предназначен для отработки управляющей программы после её открытия, компиляции и загрузки в систему ЧПУ.

Внимание!

Выполнение программы в автоматическом режиме разрешено только после референирования и при отсутствии ошибок.

В автоматическом режиме на основном экране в секции текста УП (5) (рис. 2.1) отображается текст программы, загруженной в УЧПУ.

3.4.1 Непрерывная отработка УП

Для запуска непрерывной отработки УП необходимо:

- открыть окно «Менеджер программ» нажав кнопку **[F2]** основного меню оболочки;
- в окне «Менеджер программ» загрузить УП в УЧПУ, нажав кнопку **[Shift]+[F1]**;
- включить автоматический режим кнопкой .

Запуск или возобновление отработки УП производится по нажатию кнопки . При выполнении УП индикатор над данной кнопкой горит постоянно.

Выполнение программы можно остановить нажатием кнопки . При этом прекращается движение осей, шпиндель выключается. Во время останова индикатор кнопки мигает.

Прекращение выполнения программы производится нажатием кнопки .

В случае включения подрежима покадровой отработки (нажатие кнопки на функциональной клавиатуре) при выполнении программы в непрерывном режиме будут отработан текущий кадр, затем активируется подрежим покадровой отработки.

3.4.2 Покадровая отработка

Для покадровой отработки УП необходимо:

- открыть окно «Менеджер программ» нажав кнопку **[F2]** основного меню оболочки;
- в окне «Менеджер программ» загрузить УП в УЧПУ, нажав кнопку **[Shift]+[F1]**;

- включить автоматический режим кнопкой ;
- активировать подрежим покадровой отработки, нажав кнопку .

Запуск отработки кадра производится по нажатию кнопки . В данном подрежиме выполняется останов программы после каждого выполненного кадра. Для выполнения следующего кадра требуется повторно нажать кнопку .

В случае выключения подрежима покадровой отработки (повторное нажатие кнопки на функциональной клавиатуре) выполнение программы продолжится в непрерывном режиме.

Действия по останову и прекращению работы программы аналогичны описанным выше.

3.4.3 Параметры отработки УП

При отработке УП в автоматическом режиме и режиме преднабора доступен набор параметров – модификаторов, которые изменяют выполнение программы.

Данные параметры активируются нажатием соответствующих кнопок на функциональной клавиатуре и в окне «Модификаторы» программной оболочки.

ВНИМАНИЕ!

Переключение модификаторов допускается только при не запущенной УП!

3.4.3.1 Условный останов

При нажатии кнопки становится активным режим с разрешением останова УП в кадрах, в которых запрограммирована вспомогательная функция M01.

Вся существующая модальная информация остается неизменной. После нажатия кнопки работа программы возобновляется со следующего кадра.

3.4.3.2 Программный пропуск кадров

При нажатии кнопки становится активным режим программного пропуска кадров, который предназначен для пропуска кадров, начинающихся с символа «/» в тексте программы.

ВНИМАНИЕ!

Строки в тексте программы, начинающиеся с символов «//» и «;», являются комментариями и не отрабатываются.

3.4.3.3 Ускоренная отработка

При нажатии кнопки **[Shift]+[F2] – Уск. подача** окна «Модификаторы» становится активным режим отработки программы на ускоренной подаче, величина которой задаётся технологическим параметром «Fdry». В этом режиме остаются активными ограничения, заданные параметрами «maxFeed» и «maxRapid».

Запрограммированные величины подач в данном режиме при отработке заменяются на ускоренную. Перемещения, заданные функциями G00, G60, G27, G28, G30, G31 выполняются на скорости позиционирования (быстрого хода). Команды шпинделя не выполняются.

ВНИМАНИЕ!

Величина ускоренной подачи может быть выше запрограммированной.

Перед началом обработки заготовки убедитесь, что данный режим выключен.

3.4.3.4 Отработка с блокировкой технологических функций

При нажатии кнопки **[Shift]+[F3] – Блок. MST** окна «Модификаторы» становится активным режим отработки УП с блокировкой M, S и T - функций. В ходе выполнения программы на станок выдаются только задания на перемещения осей. Значение подачи в режимах, требующих управления шпинделем, может отличаться от заданной в УП.

3.4.3.5 Отработка с блокировкой движения оси Z

При нажатии кнопки **[Shift]+[F4] – Блок. Z** окна «Модификаторы» становится активным режим отработки УП с блокировкой движения оси Z станка. В ходе выполнения программы на станок выдаются только задания на перемещения по другим осям и выполняются M, S, T - функции.

3.4.3.6 Отработка с уменьшенной подачей быстрого хода

При нажатии кнопки **[Shift]+[F5] – Ум. подача** окна «Модификаторы» становится активным режим отработки УП с уменьшенной подачей быстрого хода, величина которой задаётся технологическим параметром «FrapidReduced». В этом режиме остаются активными ограничения, заданные параметрами «maxFeed» и «maxRapid».

3.4.3.7 Отработка с блокировкой движения

При нажатии кнопки **[Shift]+[F6] – Блок. станка** окна «Модификаторы» становится активным режим отработки УП с блокировкой движения всех осей станка (виртуальный режим работы). Шпиндель не блокируется. В ходе выполнения программы на станок выдаются только задания по M, S, T - функциям.

ВНИМАНИЕ!

Блокировка осей действует также в ручных режимах!

3.4.4 Процентное изменение величины рабочей подачи и быстрого хода

Вращением корректора величины подачи F% (стр. 20) в ходе выполнения УП можно изменять значение рабочей подачи F (относительно значения F, заданного в УП) и быстрого хода G00 в процентном отношении от 0 до 150%. Текущая процентная величина рабочей подачи F% отображается на основном экране (рис. 2.1) в секции текущих данных (3).

3.4.5 Процентное изменение скорости шпинделя

Вращением корректора частоты вращения шпинделя S% (стр. **??**) в ходе выполнения УП можно изменять значение частоты вращения шпинделя S (относительно значения S, заданного в УП) в процентном отношении от 50 до 120%. Текущая процентная величина частоты вращения шпинделя S% отображается на основном экране (рис. 2.1) в секции текущих данных (3).

3.5 Запуск с произвольного кадра

Для запуска отработки УП с произвольного кадра необходимо:

- открыть окно «Менеджер программ» нажав кнопку **[F2]** основного меню оболочки;
- в окне «Менеджер программ» загрузить УП в УЧПУ, нажав кнопку **[Shift]+[F1]**;
- включить автоматический режим кнопкой ;
- открыть окно «Поиск кадра», нажав клавишу **[F2]**.

В данном окне (рис. 2.6) перейти к нужному кадру и выбрать тип отработки (с начала, с конца кадра или без виртуального выполнения части программы, предшествующей выбранному кадру) нажатием соответствующих клавиш.

Если выбрана отработка с начала или с конца кадра, то начнётся виртуальный проход до искомого кадра, в ходе которого будут установлены все состояния программы (тип движения G0/G1, режим подачи оборотная/минутная, M/S/T-коды и т.д.), и выполнен выезд осей в положение, соответствующее началу или концу выбранного кадра соответственно.

На основном экране оболочки в секции графической отрисовки показывается траектория инструмента.

Если выбрана отработка без вычислений, то часть программы до выбранного кадра просто игнорируется.

Во время поиска кадра кнопка на функциональной клавиатуре пульта оператора подсвечивается.

В случае отсутствия ошибок на экран выводится сообщение, что кадр найден, и кнопка начинает мигать. Нажатие на неё вызовет отработку программы с выбранного кадра.

3.6 Возврат на контур

В процессе выполнения программы допускается выполнить останов кнопкой , произвести требуемые перемещения по осям в ручном режиме и осуществить возврат на контур, то есть продолжить выполнение программы с точки останова.

Для возобновления прерванной программы с точки, в которой был расположен инструмент до начала ручных перемещений, необходимо:

- Активировать режим «Возврат на контур» кнопкой .
- Выехать в точку останова:
  - одновременно по всем осям, нажав кнопку ;
  - по отдельным осям, нажав соответствующие кнопки («+» или « – ») для перемещения осей (кнопки будут мигать).
- Включить автоматический режим кнопкой .
- Возобновить отработку программы, нажав кнопку .

Если в автоматическом режиме до прерывания выполнения программы были включены шпиндель и подача СОЖ, после останова они выключаются и затем включаются при возобновлении отработки.

3.7 Режим симуляции

Подготовка симуляции программы выполняется из окна «Менеджер программ» (рис. 2.3). В данном окне следует выбрать курсором программу для виртуального выполнения. Затем нажать кнопку **[Shift]+[F2]** для её загрузки. В случае успешного анализа программы в верхней части окна появится сообщение, что программа загружена, и становится активным пункт меню **[F3] – Симуляция**.

Переход в режим симуляции осуществляется нажатием кнопки **[F3]**. На главном экране оболочки отображается текст программы и становится активным нижнее меню (рис. 3.7).

Данное меню содержит следующие пункты:

- **[F1] – Запустить симуляцию**. Запуск симуляции отработки программы.
- **[F2] – Пауза**. Останов/возобновление отработки программы.
- **[F3] – Уменьшить скорость**. Уменьшение скорости симуляции.
- **[F4] – Скорость 1x**. Установить скорость отработки программы по умолчанию.

- **[F5] – Увеличить скорость**. Увеличение скорости симуляции.
- **[F6] – Оценить время выполнения**. Вывести на экран примерное время отработки программы.

В течение симуляции программы в секции текста УП курсор подсвечивает текущий кадр, в секции графической отрисовки показывается движение инструмента. Симуляцию можно отменить в любое время нажатием кнопки **[F1] – Прервать симуляцию**.

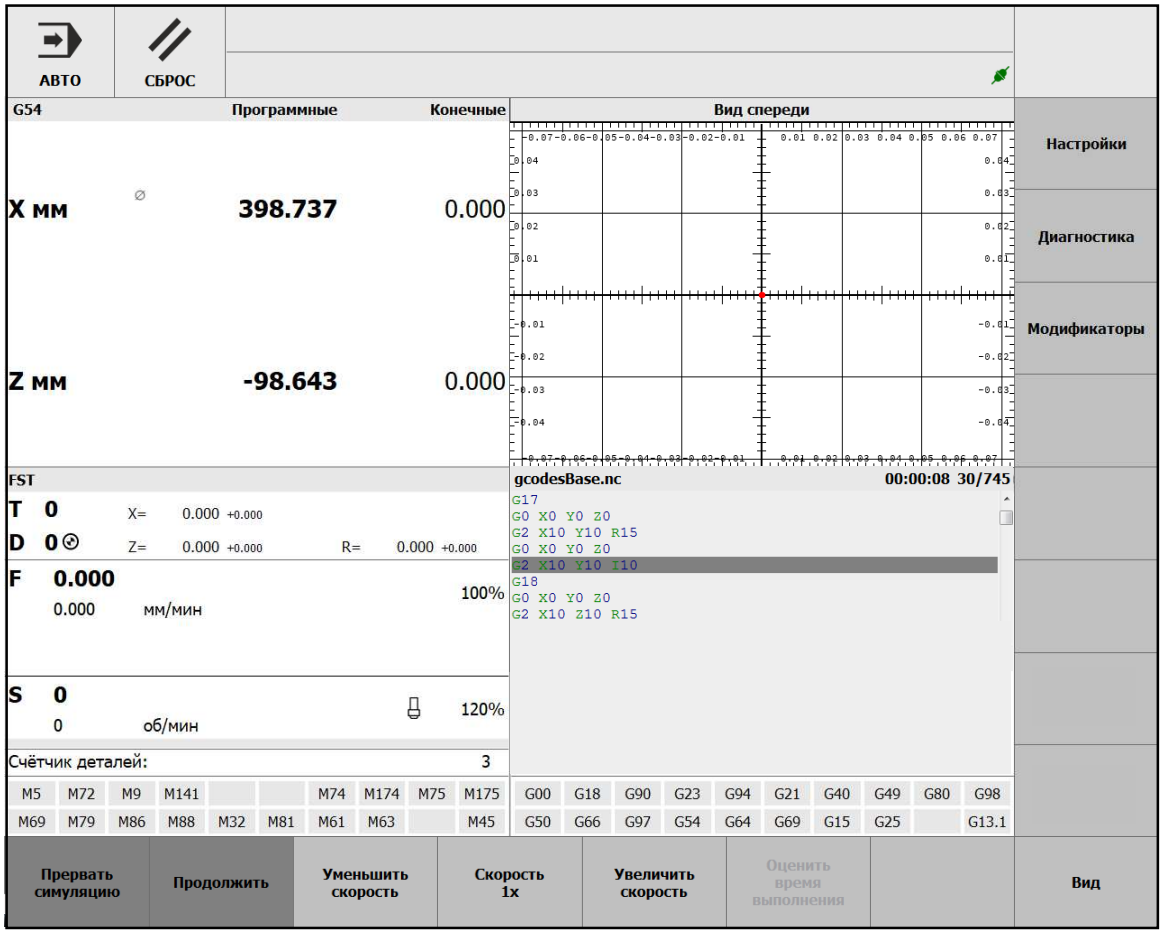


Рис. 3.7. Окно «Симуляция»

4 . Типы сообщений

В системе ЧПУ предусмотрены несколько типов сообщений, каждому из них соответствует своя пиктограмма в секции индикации основного экрана и в окне «Сообщения».

Таблица 4.1. Типы сообщений

Пиктограмма	Описание
	Сообщения о критических ошибках
	Сообщения о функциональных ошибках
	Предупредительные сообщения
	Информационные сообщения

Критическая ошибка – состояние или ситуация, когда дальнейшее функционирование станка в рабочем режиме невозможно.

При возникновении критической ошибки происходит аварийный останов, реализованный в категории 1 – контролируемый останов с сохранением питания исполнительных механизмов до полной остановки и отключением силового питания после того, как остановка осуществлена.

Функциональная ошибка – состояние или ситуация, когда операция не выполнена, не может быть выполнена или необходимы действия для продолжения функционирования станка в рабочем режиме.

При возникновении функциональной ошибки происходит останов, реализованный в категории 2 – контролируемый останов с сохранением силового питания исполнительных механизмов.

В случае возникновения ошибки необходимо в программной оболочке войти в меню **[F6] - Сообщения**, изучить описание ошибки и принять меры к её устранению.

5 . Особенности реализации и ограничения

Тренажёр–эмулятор является комплектом программно-аппаратных средств, который позволяет, не имея станочного оборудования, работать с программным обеспечением СЧПУ. Для него адаптированы проекты, которые используются для реальных станках.

Реализованные архитектурные решения обеспечивают максимальное соответствие режимам эксплуатации станка.

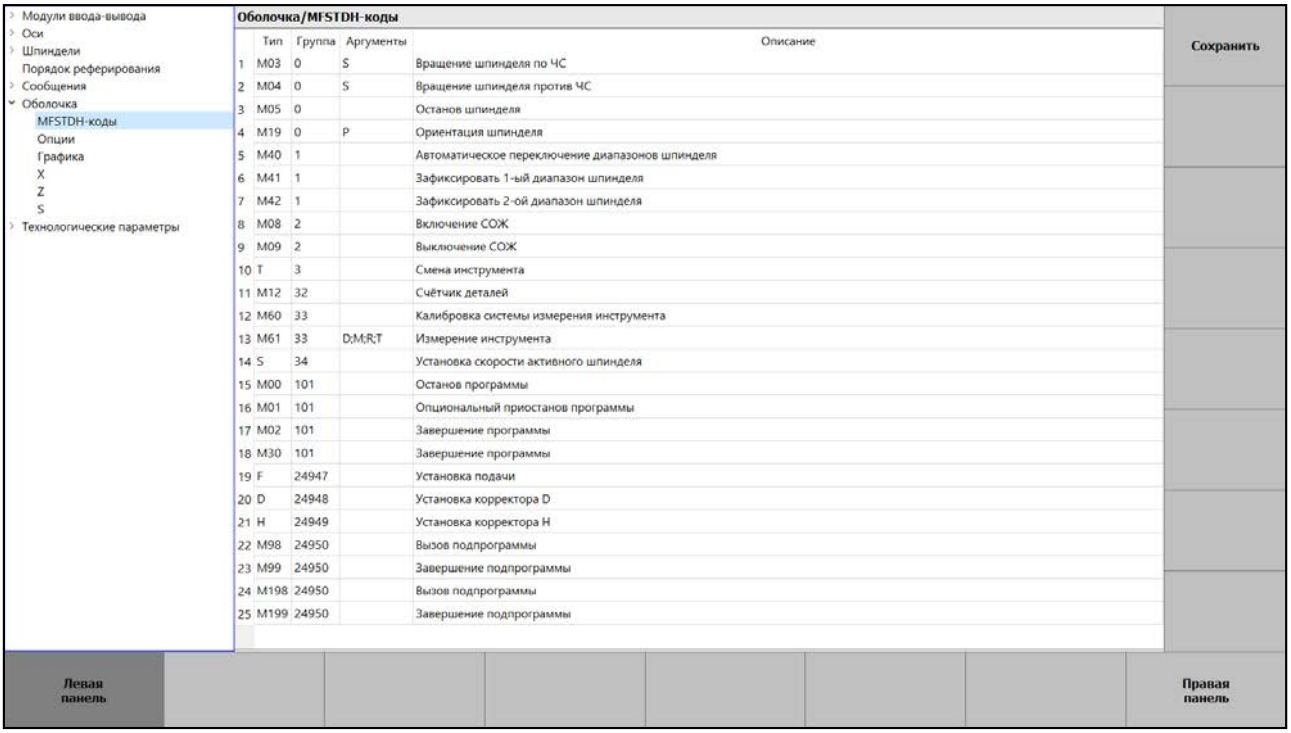
Но учитывая, что тренажёр–эмулятор и автономный пульт является продуктами, которые используются в отсутствие аппаратных решений СЧПУ и реального станочного оборудования, имеются следующие особенности реализации и ограничения:

- Использование программного таймера ведёт к негарантированным временным интервалам выполнения всех задач.
- Текущее положение рабочих органов принимается равным положению, заданному на предыдущем такте. Для контроля скорости и положения используются заданные значения.
- Отсутствует аппаратный компонент взаимодействия с периферий.
- Отключён контроль сообщений и ошибок периферии.
- Отключён контроль индексной метки датчика.
- В моделях управления вспомогательным оборудованием (СОЖ, светофор, револьверная головка, патрон, дверь и т.д.) используются таймеры, интервалы которых могут отличаться от времён срабатывания реального оборудования.
- Включена автоматическая фазировка двигателей.
- Включено автоматическое реферирование по абсолютному положению.
- Отключён контроль защит двигателей по перегреву, от ошибок датчиков, приводов, от рассогласования текущего и заданного положений.
- Отключены страницы диагностики «Системный журнал» и «Журнал контроллера».

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

М-функции проекта

Для просмотра реализованных в проекте М-функций следует открыть окно «Настройка» – «Настройки системы» – «Оболочка» – «MFSTDH-коды» (рис. 1).



	Тип	Группа	Аргументы	Описание
1	M03	0	S	Вращение шпинделя по ЧС
2	M04	0	S	Вращение шпинделя против ЧС
3	M05	0		Останов шпинделя
4	M19	0	P	Ориентация шпинделя
5	M40	1		Автоматическое переключение диапазонов шпинделя
6	M41	1		Зафиксировать 1-ый диапазон шпинделя
7	M42	1		Зафиксировать 2-ой диапазон шпинделя
8	M08	2		Включение СОЖ
9	M09	2		Выключение СОЖ
10	T	3		Смена инструмента
11	M12	32		Счётчик деталей
12	M60	33		Калибровка системы измерения инструмента
13	M61	33	D;M;R;T	Измерение инструмента
14	S	34		Установка скорости активного шпинделя
15	M00	101		Останов программы
16	M01	101		Опциональный приостанов программы
17	M02	101		Завершение программы
18	M30	101		Завершение программы
19	F	24947		Установка подачи
20	D	24948		Установка корректора D
21	H	24949		Установка корректора H
22	M98	24950		Вызов подпрограммы
23	M99	24950		Завершение подпрограммы
24	M198	24950		Вызов подпрограммы
25	M199	24950		Завершение подпрограммы

Рис. 1. Окно «MFSTDH-коды»

Список стандартных М-функций, которые не зависят от проекта, приведён в таблице 1.

Таблица 1. Список стандартных М-функций

М-функции	**Описание**
Общие М-функции	
M00	Безусловный останов программы
M01	Условный (технологический) останов программы
M02	Конец программы и выбор кадра N1
M03 S...	Включить шпиндель, вращение по часовой стрелке. Аргумент S задаёт скорость вращения шпинделя в об/мин
M04 S...	Включить шпиндель, вращение против часовой стрелки. Аргумент S задаёт скорость вращения шпинделя в об/мин
M05	Выключить шпиндель
M08	Включить подачу СОЖ
M09	Выключить подачу СОЖ
M19 P...	Включить ориентацию шпинделя и выполнить его останов при достижении заданного углового положения. Аргумент P задаёт угол в градусах
M30	Конец программы
M98 P... L...	Вызов подпрограммы. Аргумент P задаёт номер подпрограммы, L – число повторений
M99	Конец подпрограммы

Подпрограммы

Подпрограммы и основная УП должны находиться в разных файлах. Из каждой УП можно вызвать несколько подпрограмм.

Имя файла подпрограммы должно начинаться с буквы «O», за которой идёт последовательность цифр, которая является номером подпрограммы. Файл подпрограммы должен находится в одном каталоге с управляющей программой.

Функция M98 вызывает подпрограмму, номер которой задаётся адресом P. Номер подпрограммы P[номер_подпрограммы] должен соответствовать имени файла «O[номер_подпрограммы]».

При необходимости выполнить подпрограмму несколько раз в адресе L указывается требуемое число повторений. Если адрес L отсутствует, то вызов происходит один раз.

По команде M99 в подпрограмме управление возвращается кадру, следующему за кадром с вызовом подпрограммы. Если в основной программе вызывается команда M99, то управление возвращается к началу основной программы и далее отработка повторяется с начала основной программы!

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Технологические и функциональные параметры

Для просмотра технологических и функциональных параметров проекта следует открыть окно «Настройка» – «Настройки системы» – «Технологические параметры» (рис. 2).

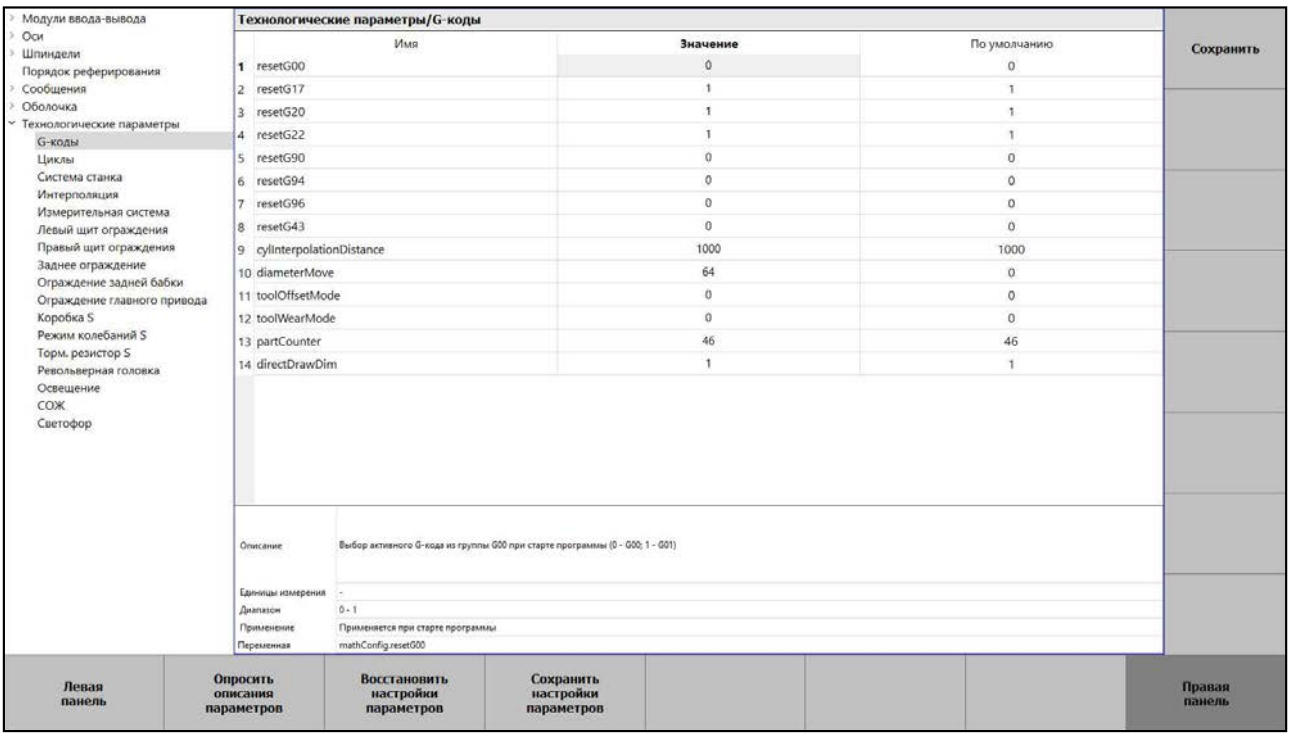


Рис. 2. Окно «Технологические параметры»

Список параметров, которые не зависят от проекта, приведён в таблице 1.

Таблица 1. Технологические и функциональные параметры

Переменная	Диапазон	Единицы измерения	Описание
Уровень доступа «Технолог»			
Параметры канала			
resetG00	$0 \div 1$	—	Выбор активного G-кода из группы G00 при старте программы (0 – G00; 1 – G01). Применяется при старте программы.
resetG17	$0 \div 2$	—	Выбор активного G-кода из группы G17 при старте программы (0 – G17; 1 – G18; 2 – G19). Применяется при старте программы.
resetG20	$0 \div 1$	—	Выбор активного G-кода из группы G20 при старте программы (0 – G20; 1 – G21). Применяется при старте программы.
resetG22	$0 \div 1$	—	Выбор активного G-кода из группы G22 при старте программы (0 – G23; 1 – G22). Применяется при старте программы.
resetG90	$0 \div 1$	—	Выбор активного G-кода из группы G90 при старте программы (0 – G90; 1 – G91). Применяется при старте программы.
resetG94	$0 \div 1$	—	Выбор активного G-кода из группы G94 при старте программы (0 – G94; 1 – G95). Применяется при старте программы.
resetG96	$0 \div 1$	—	Выбор активного G-кода из группы G96 при старте программы (0 – G96; 1 – G97). Применяется при старте программы.
resetG43	$0 \div 1$	—	Сброс коррекции на длину инструмента при прерывании программы (0 – сохранение коррекции; 1 – сброс коррекции). Применяется после сохранения.
cylInterpolationDistance	$0 \div 1$	—	Тип задания угловой координаты при цилиндрической интерполяции (0 – угол; 1 – расстояние). Применяется после сохранения.
diameterMove	$0 \div 511$	—	Маска осей, для которых задано программирование на диаметр. Применяется после сохранения.
toolOffsetMode	$0 \div 1$	—	Способ задания смещения инструмента (0 – длина инструмента; 1 – геометрическое смещение). Применяется после сохранения.

Продолжение таблицы 1.

Переменная	**Диапазон**	**Единицы измерения**	**Описание**
toolWearMode	$0 \div 1$	—	Способ задания износа инструмента (0 – длина инструмента; 1 – геометрическое смещение). Применяется после сохранения.
partCounter	$0 \div 999999$	—	Счетчик деталей. Применяется после сохранения.
G31PIndex	$0 \div 8160$	—	Индекс начальной глобальной переменной для записи координат срабатывания триггера. Применяется при старте программы.
G31SuspendOnTriggerNotFound	$0 \div 1$	—	Приостановка программы при завершении движения без определения внешнего события. Применяется при старте программы.
G83clearance	$-9999 \div +9999$	мм	Безопасная высота отхода в постоянных циклах. Применяется после сохранения.
G84peck	$0 \div 1$	—	Тип отвода в постоянных циклах (0 – отвод на опорный уровень; 1 – отвод на уровень заданный в параметре G84peckretract). Применяется после сохранения.
G84peckretract	$-9999 \div +9999$	мм	Высота отвода в постоянных циклах. Применяется после сохранения.
threadCHFSize	$0 \div +999$	мм	Величина фаски при резьбонарезании. Применяется после сохранения.
threadCHFAngle	$0 \div +89$	град	Величина угла фаски при резьбонарезании. Применяется после сохранения.
cleanThreadNum	$1 \div 99$	—	Число чистовых проходов при резьбонарезазании. Применяется после сохранения.
toolTopAngle	$0 \div 120$	град.	Угол при вершине инструмента. Применяется после сохранения.
threadType	$0 \div 3$	—	Тип врезания при резьбонарезании (0 – одностороннее резание постоянной величины, 1 – зигзагообразное резание постоянной величины, 2 – одностороннее резание постоянной глубины, 3 – зигзагообразное резание постоянной глубины). Применяется после сохранения.
minThreadDepth	$+0.001 \div +99$	мм	Минимальная величина врезания. Применяется после сохранения.
Параметры оси			

Продолжение таблицы 1.

Переменная	Диапазон	Единицы измерения	Описание
axisGeoType	$0 \div 7$	—	Ось в интерполяции плоскости (0 – неортогональная; 1 – X; 2 – Y; 3 – Z; 5 – ||X; 6 – ||Y; 7 – ||Z). Применяется после перезагрузки УЧПУ.
Уровень доступа «Наладчик»			
Параметры канала			
modeManualType	$0 \div 1$	—	Тип задания скорости осей в ручном режиме (0 – задание speedSelect[0...3] без учета корректора; 1 – задание speedRapid с учетом корректора подачи). Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
maxFeedRate	$0 \div +999999$	мм/мин (град/мин)	Ограничение скорости резания. Применяется при старте программы.
Frapid	$0 \div +99999$	мм/мин (град/мин)	Скорость быстрого хода. Применяется при старте программы.
Fdry	$0 \div +99999$	мм/мин (град/мин)	Скорость повышенной подачи. Применяется при старте программы.
FrapidReduced	$0 \div +99999$	мм/мин (град/мин)	Пониженная скорость быстрых ходов. Применяется при старте программы.
defaultLHdist	$0 \div 1023$	—	Величина предпросмотра программы по умолчанию. Применяется при старте программы.
rapidLHdist	$0 \div 1023$	—	Величина предпросмотра программы на быстрых ходах. Применяется при старте программы.
cutLHdist	$0 \div 1023$	—	Величина предпросмотра программы на скорости подачи. Применяется при старте программы.
tapLHdist	$0 \div 1023$	—	Величина предпросмотра программы при резьбонарезании. Применяется при старте программы.
defaultTa	$0 \div +9999$	мс	Настройка по умолчанию для линейного участка разгона координатной системы. Применяется при старте программы.
defaultTs	$0 \div +9999$	мс	Настройка по умолчанию для S-участка разгона координатной системы. Применяется при старте программы.
defaultSegTime	$+1 \div +100$	мс	Размер элементарного сегмента программы по умолчанию. Применяется при старте программы.

Продолжение таблицы 1.

Переменная	**Диапазон**	**Единицы измерения**	**Описание**
highSpeedTa	$0 \div +9999$	мс	Настройка для линейного участка разгона координатной системы при активном коде G05. Применяется при старте программы.
highSpeedTs	$0 \div +9999$	мс	Настройка для S-участка разгона координатной системы при активном коде G05. Применяется при старте программы.
highSpeedSegTime	$+1 \div +100$	мс	Размер элементарного сегмента программы при активном коде G05. Применяется при старте программы.
rapidTa	$0 \div +9999$	мс	Настройка для линейного участка разгона координатной системы на быстрых ходах. Применяется при старте программы.
rapidTs	$0 \div +9999$	мс	Настройка для S-участка разгона координатной системы на быстрых ходах. Применяется при старте программы.
rapidSegTime	$+1 \div +100$	мс	Размер элементарного сегмента программы на быстрых ходах. Применяется при старте программы.
Параметры оси			
disabled	$0 \div 1$	—	Ось запрещена (0 – нет; 1 – да). Применяется после перезапуска станка.
needPosRef	$0 \div 1$	—	Требуется позиционирование в нулевую точку при первом включении станка(0 – нет; 1 – да). Применяется после сохранения.
AmaxRapid	$0 \div +999999$	мкм/мс^2 (мград/мс^2)	Ограничение ускорения в режиме быстрого хода. Применяется после сохранения.
AmaxCut	$0 \div +999999$	мкм/мс^2 (мград/мс^2)	Ограничение ускорения в режиме резания. Применяется после сохранения.
AmaxTap	$0 \div +999999$	мкм/мс^2 (мград/мс^2)	Ограничение ускорения в режимах резьбонарезания. Применяется после сохранения.
maxRapid	$0 \div +999999$	мм/мин (град/мин)	Ограничение скорости быстрого хода. Применяется после сохранения.
maxFeed	$0 \div +999999$	мм/мин (град/мин)	Ограничение скорости резания. Применяется после сохранения.
blHysteresis	$0 \div +999999$	мкм (мград)	Величина нечувствительности люфта. Применяется после сохранения.
blSize	$0 \div +999999$	мкм (мград)	Величина люфта. Применяется после сохранения.

Продолжение таблицы 1.

Переменная	Диапазон	Единицы измерения	Описание
blSlewRate	$0 \div +999999$	мм/мин (град/мин)	Скорость выборки люфта. Применяется после сохранения.
minPos	$-99999 \div +99999$	мм (град)	Значение минимального программного ограничения. Применяется после сохранения.
maxPos	$-99999 \div +99999$	мм (град)	Значение максимального программного ограничения. Применяется после сохранения.
temperatureWarn	$0 \div +999$	Градус цельсия	Предупредительная температура двигателя. Применяется после сохранения.
temperatureFault	$0 \div +999$	Градус цельсия	Критическая температура двигателя. Применяется после сохранения.
homeOrder	$-1 \div 99$	—	Порядок выезда в нулевую точку оси. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeVel	$-21600 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость поиска нулевого конечника оси. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeDeparture	$0 \div +9999$	мм (град)	Величина пути съезда с нулевого конечника. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeOffset	$-9999 \div +9999$	мм (град)	Смещение нуля оси относительно нуля датчика положения. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeOfsVel	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость выборки смещения относительно нулевого конечника оси. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
indexVel	$-21600 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость поиска индексной метки датчика оси. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
indexOffset	$-9999 \div +9999$	мм (град)	Смещение нуля оси относительно индексной метки датчика оси. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
indexOfsVel	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость выборки смещения относительно индексной метки датчика оси. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
trigVel	$-21600 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость измерительного движения. Применяется после сохранения.
trigOffset	$-9999 \div +9999$	мм (град)	Смещение после измерительного движения. Применяется после сохранения.

Продолжение таблицы 1.

Переменная	Диапазон	Единицы измерения	Описание
homeTa	$0 \div +9999$	мс	Параметр линейного участка разгона/торможения оси в режиме реферирования. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeTs	$0 \div +9999$	мс	Параметр S-образного участка разгона/торможения оси в режиме реферирования. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
speedRapidAuto	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость возврата на контур и ПЛК осей. Применяется после сохранения.
autoTa	$0 \div +10000$	мс	Параметр линейного участка разгона/торможения оси. Применяется после смены режима работы.
autoTs	$0 \div +10000$	мс	Параметр S-образного участка разгона/торможения оси. Применяется после смены режима работы.
speedSelect[0]	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость безразмерных перемещений 0.001. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
speedSelect[1]	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость безразмерных перемещений 0.01. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
speedSelect[2]	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость безразмерных перемещений 0.1. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
speedSelect[3]	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость безразмерных перемещений 1. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
speedRapid	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость быстрых перемещений в режиме безразмерных перемещений. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
incSpeed	$0 \div +21600$	мм/мин (град/мин)	Скорость дискретных перемещений. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
incStep[0]	$0 \div +10$	мм (град)	Шаг дискретных перемещений 0.001. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
incStep[1]	$0 \div +10$	мм (град)	Шаг дискретных перемещений 0.01. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
incStep[2]	$0 \div +10$	мм (град)	Шаг дискретных перемещений 0.1. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.

Продолжение таблицы 1.

Переменная	**Диапазон**	**Единицы измерения**	**Описание**
incStep[3]	$0 \div +10$	мм (град)	Шаг дискретных перемещений 1. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
manualTa	$0 \div +9999$	мс	Параметр линейного участка разгона/торможения оси в режиме безразмерных перемещений. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
manualTs	$0 \div +9999$	мс	Параметр S-образного участка разгона/торможения оси в режиме безразмерных перемещений. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
hwlTa	$0 \div +9999$	мс	Параметр линейного участка разгона/торможения оси в режиме дискретных перемещений. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
hwlTs	$0 \div +9999$	мс	Параметр S-образного участка разгона/торможения оси в режиме дискретных перемещений. Применяется при входе в режим безразмерных перемещений.
Параметры шпинделя			
disabled	$0 \div 1$	—	Шпиндель запрещен (0 – нет; 1 – да). Применяется после перезапуска станка.
temperatureWarn	$0 \div +999$	Градус цельсия	Предупредительная температура двигателя. Применяется после сохранения.
temperatureFault	$0 \div +999$	Градус цельсия	Критическая температура двигателя. Применяется после сохранения.
homeOrder	$-1 \div 99$	—	Порядок выезда в нулевую точку шпинделя. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeVel	$+1 \div +200$	об/мин	Скорость поиска нулевого конечника шпинделя. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeOffset	$-360 \div +360$	град	Смещение нуля оси относительно нуля датчика положения. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
	$+1 \div +200$	об/мин	Скорость выборки смещения относительно нулевого конечника шпинделя. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.

Продолжение таблицы 1.

Переменная	**Диапазон**	**Единицы измерения**	**Описание**
indexVel	$+1 \div +200$	об/мин	Скорость поиска индексной метки датчика шпинделя. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
indexOffset	$-360 \div +360$	град	Смещение нуля относительно индексной метки датчика шпинделя. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
indexOfsVel	$+1 \div +200$	об/мин	Скорость выборки смещения относительно индексной метки датчика шпинделя. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
trigVel	$+1 \div +200$	об/мин	Скорость измерительного движения. Применяется после сохранения.
trigOffset	$-360 \div +360$	град	Смещение после измерительного движения. Применяется после сохранения.
homeTa	$0 \div +9999$	мс	Параметр линейного участка разгона/торможения оси в режиме реферирования. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
homeTs	$0 \div +9999$	мс	Параметр S-образного участка разгона/торможения оси в режиме реферирования. Применяется при входе в режим выезда в нулевую точку.
Параметры модуля ввода-вывода			
disabled	$0 \div 1$	—	Модуль отключен. Применяется после перезагрузки УЧПУ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Параметры инструмента для функций коррекции радиуса

Программная траектория движения может рассчитываться для центра вершины инструмента (точка O) или для условной точки вершины инструмента (точка P), которые показаны на рис. 1.

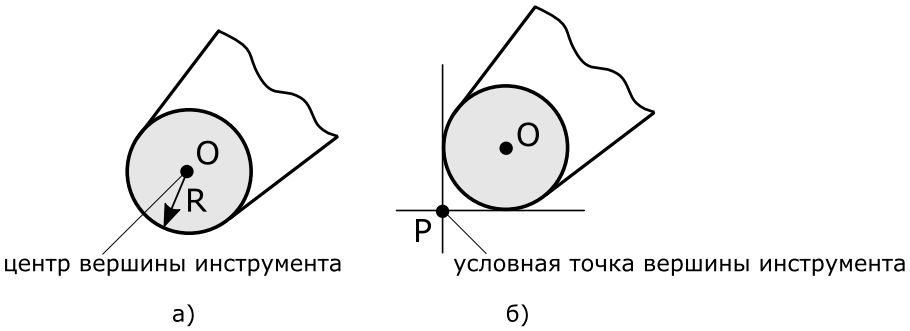


Рис. 1. Положение центра вершины инструмента (а) и его вершины (б).
R – значение радиуса вершины инструмента

Внимание!

Привязка инструмента определяет, какая точка P или O будет двигаться по запрограммированной траектории.

При токарной обработке в большинстве случаев привязка выполняется к условной точке вершины инструмента. При резании конических или круговых поверхностей появляется расхождение между программной и действительной траекторией инструмента (рис. 2).

Погрешность между программной траекторией и действительным контуром обработки при обработке поверхностей, расположенных под некоторыми углами к осям X и Z, возникает, поскольку резец осуществляет касание контура некоторой точкой, лежащей на скруглении его рабочей вершины (рабочая вершина резца не может быть абсолютно острой).

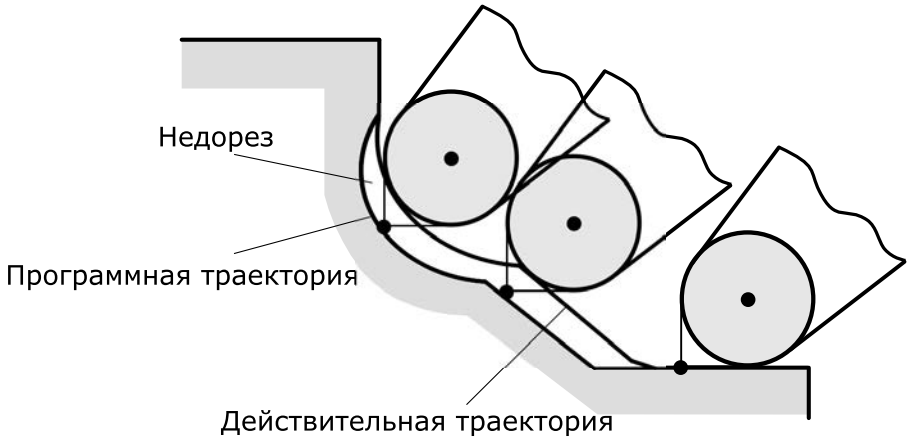


Рис. 2. Расхождение между программной и действительной траекторией инструмента

Если программная траектория движения рассчитывается для условной точки вершины инструмента, то для функции коррекции на радиус инструмента необходимо указать ориентацию режущей кромки (условной точки вершины) инструмента по отношению к центру его вершины. Коррекция делает условную точку вершины инструмента «плавающей».

Тип ориентации условной точки вершины инструмента (режущей кромки инструмента) задаётся в окне «Корректора» (рис. 2.10) цифрами от 0 до 9, которые определяют направление его вершины (рис. 3).

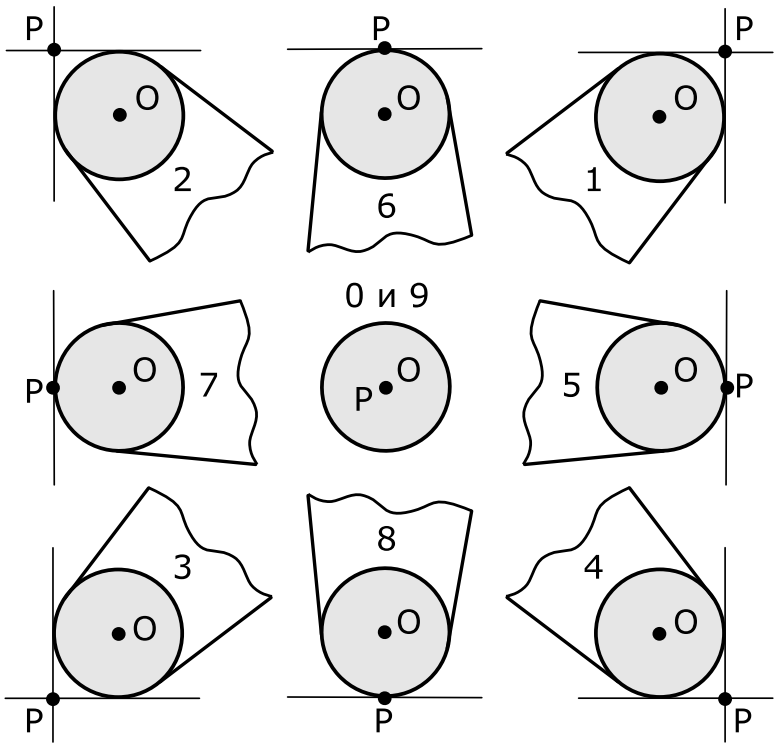


Рис. 3. Ориентация вершины инструмента

Для инструментов, у которых центр вершины совпадает с условной точкой вершины инструмента, то используются типы ориентации 0 или 9. Такие типы ориентации следует задавать для фрезерного инструмента.

Внимание!

Тип ориентации условной точки вершины инструмента по отношению к центру вершины должен устанавливаться предварительно, как и значение коррекции на радиус инструмента.

Если коррекция выключена (G40), то вершина инструмента будет двигаться по запрограммированной траектории.

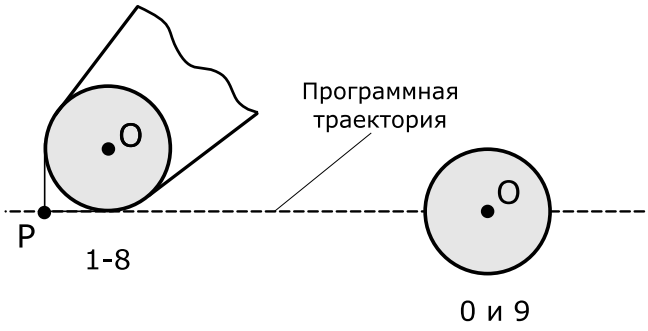


Рис. 4. Движение вершины инструмента при выключенной коррекции

При активной функции коррекции радиуса инструмента (G41 – коррекция радиуса инструмента слева, G42 – коррекция радиуса инструмента справа) инструмент перемещается так, что его вершина соприкасается с заготовкой.

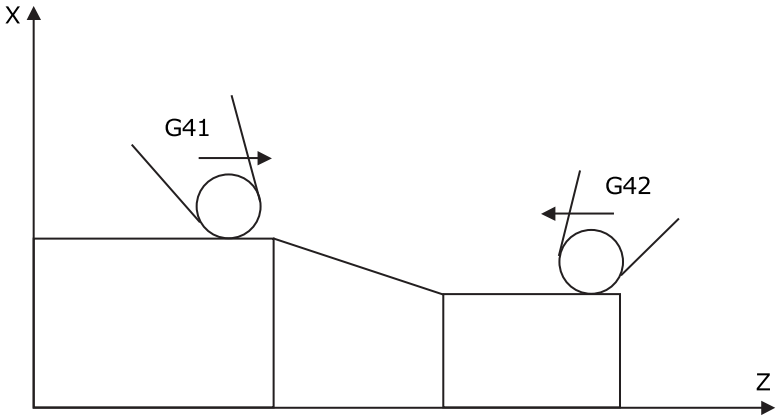


Рис. 5. Коррекция ориентации вершины инструмента слева и справа

Коррекция радиуса применяется в активной рабочей плоскости, предварительно выбранной функциями G17 (плоскость XY), G18 (плоскость ZX) или G19 (плоскость YZ).

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

Визуализация траектории движения инструмента

ВНИМАНИЕ!

При визуализации траектории движения инструмента отрисовывается не точка касания инструмента и заготовки (программная траектория), а условная точка вершины инструмента (см. „ПРИЛОЖЕНИЕ 3“ , стр. 69). Поэтому координаты, заданные в программе, и координаты, отображаемые на экране, могут отличаться.

Для фрезерного инструмента при включённой коррекции на радиус траектория отрисовывается по координатам центра инструмента и не совпадает с программной траекторией (рис. 1).

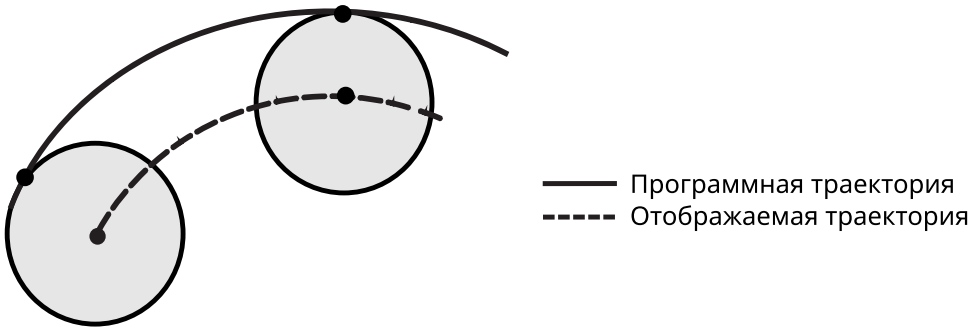


Рис. 1. Программная и отображаемая траектории движения для фрезерного инструмента

Для токарного инструмента при включённой коррекции на радиус при вертикальных и горизонтальных перемещениях программная и отображаемая траектории совпадают (рис. 2, а), а в других случаях и в углах переходов траектории не будут совпадать (рис. 2, б).

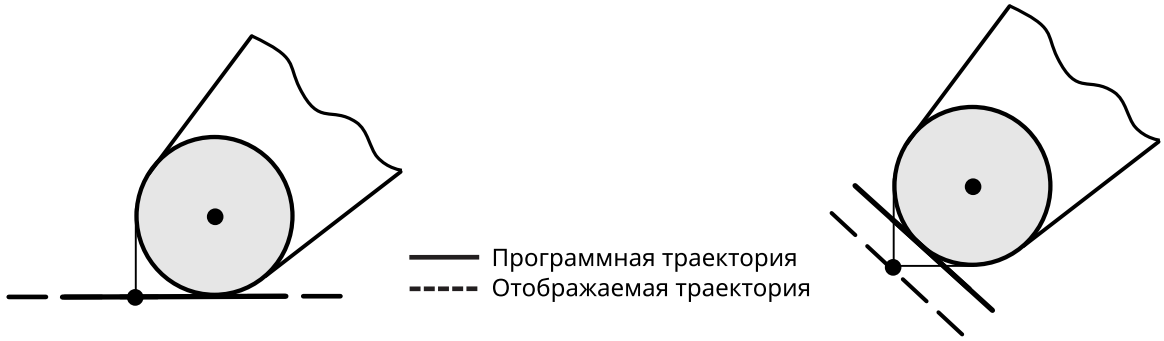


Рис. 2. Программная и отображаемая траектории движения инструмента для токарного инструмента: а) траектории совпадают, б) траектории не совпадают

Предметный указатель

К

Комплект программных средств «Тренажер–эмулятор» 7
Инсталляция/деинсталляция программных средств 8
Окно модуля функциональной клавиатуры 17
Кнопки включения и отключения станка 17
Корректоры величины подачи и быстрого хода, частоты вращения шпинделя . 20
Функциональная клавиатура 18
Порядок работы 13
Ввод лицензионного ключа 13
Закрытие тренажера-эмулятора 16
Запуск тренажера-эмулятора 16
Системные требования 7
Состав 7
Структура каталога установки 11
Функциональные возможности 8

М

М-функции проекта 58–59

О

Особенности реализации и ограничения . 57

П

Параметры инструмента для функций коррекции радиуса 69–71
Программная оболочка 21–42
Вспомогательные инструменты 40
Калькулятор 40
Менеджер программ 24
Шаблоны постоянных циклов 25
Основной экран 21
Разделы основного меню 23
Вид 33
Диагностика 38
Корректора 31
Модификаторы 39
Настройки 36
Привязки 28
Сообщения 35
Справка 23
Просмотр и редактирование технологических и функциональных параметров 37

Р

Режимы работы 43–55
Автоматический режим 50
Непрерывная отработка УП 50
Отработка с блокировкой движения . . . 52
Отработка с блокировкой технологических функций 52
Параметры отработки УП 51
Покадровая отработка 50
Программный пропуск кадров 51
Процентное изменение величины рабочей подачи и быстрого хода 53
Процентное изменение скорости шпинделя 53
Ускоренная отработка 52
Условный останов 51
Возврат на контур 54
Запуск с произвольного кадра 53
Преднабор (MDI) 48
Режим симуляции 54

Реферирование 44

Параметры реферирования 45

Порядок выполнения реферирования . 47

Ручной режим 43

Безразмерные перемещения 43

Дискретные перемещения 43

Управление шпинделем 44

С

Список терминов и сокращений 5

Т

Технологические и функциональные параметры 60–68

Типы лицензий 14

Типы сообщений 56