

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию  
Южно-Уральский государственный университет

621.92(07)  
С764

**П.Г. Мазеин, С.С. Панов, С.В. Шереметьев,  
С.А. Псарев, С.Н. Свиридов, А.А. Савельев**

# **СТАНКИ С КОМПЬЮТЕРНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Учебное пособие

Часть 2

Челябинск  
Издательство ЮУрГУ  
2006

УДК 621.92.06-529(075.8)

Станки с компьютерным управлением: Учебное пособие/ П.Г. Мазеин, С.С. Панов, С.В. Шереметьев и др. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – Ч.2. – 88 с.

В учебном пособии рассмотрены конструкция минигабаритного станка, особенности шаговых приводов подачи, система управления приводами станка и система программирования управляющих программ для обработки деталей; изложены методики технологического диагностирования управляющих программ и тестирования знаний по станкам с ЧПУ.

Пособие полезно для студентов специальностей 151001, 151002, 151003, 150900, лицеев, профессиональных училищ и колледжей, изучающих станки с ЧПУ и программирование обработки на них деталей, а также для технического моделирования и творчества.

Ил. 97, табл. 3, список лит. – 23 назв.

Одобрено учебно-методической комиссией механико-технологического факультета.

Рецензенты: Созыкин Г.Г., Портнягин В.И.

## ВВЕДЕНИЕ

Серию созданных на кафедре “Станки и инструмент” Южно-Уральского государственного университета учебных станков [1–14] продолжает учебный минигабаритный фрезерный станок модели MF70-4Ф4 (рис.1) с компьютерным управлением, выполненный на базе станка с ручным управлением фирмы Proxxon (Германия).

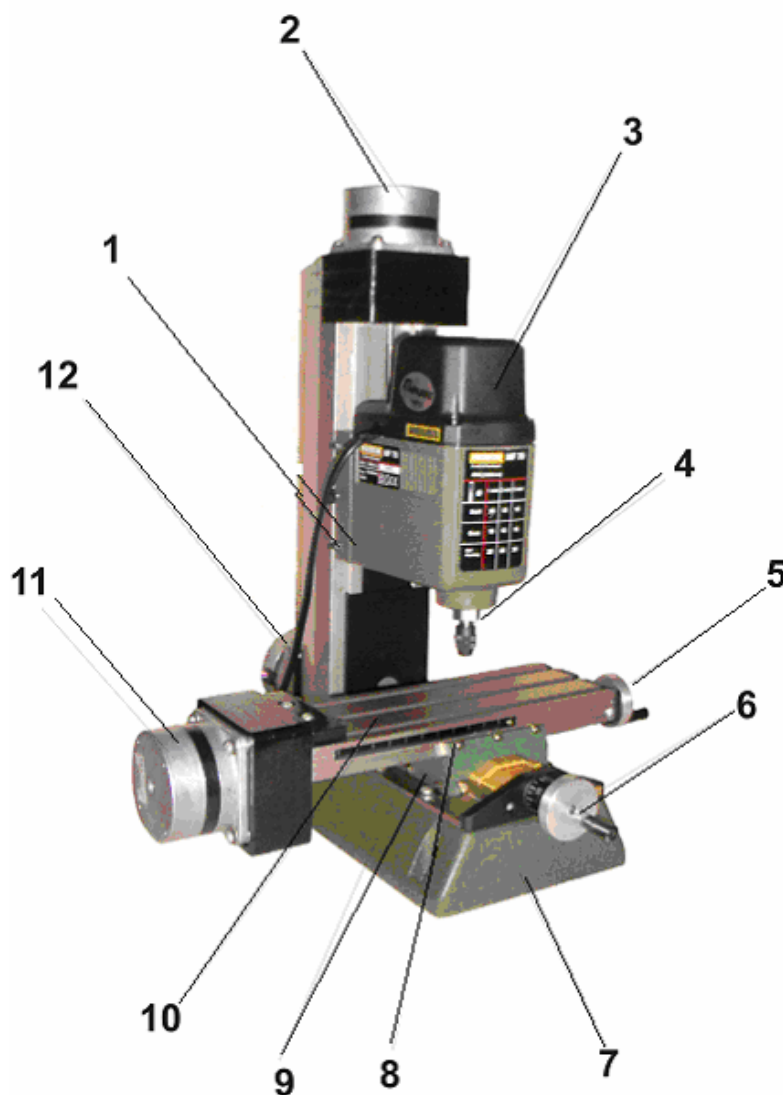


Рис.1. Общий вид станка:

- 1 – регулировочные винты оси Z; 2 – шаговый двигатель оси Z; 3 – фрезерная головка; 4 – цанговый патрон; 5 – рукоятка ручного перемещения привода X (может отсутствовать); 6 – рукоятка ручного перемещения привода Y (может отсутствовать); 7 – литая станина станка; 8 – регулировочные винты привода X; 9 – регулировочные винты привода Y; 10 – Т-образные продольные крепежные пазы; 11 – шаговый двигатель оси X; 12 – шаговый двигатель оси Y

Станок предназначен для подготовки специалистов по станкам с ЧПУ, для детского и юношеского технического творчества как при индивидуальном, так и при групповом использовании.

Применение станка, дает знания и навыки в области станков, инструмента, технологии, электроприводов, систем управления и современных информационных технологий, способствует развитию креативных способностей личности и профориентации. На станке можно выполнять сверление отверстий по заданным координатам, фрезерование и гравирование в “ручном” или автоматическом режимах двухмерных и трехмерных поверхностей на заготовках из дерева и пластмасс.

Управление станком осуществляется от персонального компьютера в системе Windows. Управляющие программы для обработки деталей составляются с использованием стандартных функций программирования. Компьютерные имитаторы станка и устройства числового программного управления позволяют имитировать обработку на станке (изготавливать виртуальную деталь по созданной управляющей программе), а затем запускать реальный станок на изготовление реальной детали. Станок безопасен (имеет сертификат соответствия) и надежен в эксплуатации, не требует специального обслуживания.

## 1. ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНКА

1. Напряжение питания, В.....	220
2. Потребляемая мощность, Вт, не более.....	150
3. Предельные габариты заготовки(ширина x длина x высота),мм....	45x120x70
5. Пределы частот вращения инструмента, мин <sup>-1</sup> .....	5000...20000
6. Величина хода:	
– поперечного стола, мм.....	45
– продольного стола, мм.....	120
– инструментальной головки, мм.....	70
7. Диаметры применяемых инструментов, мм .....	1...3
8. Тип системы управления .....	PCNC
9. Количество одновременно управляемых координат .....	3
10. Точность перемещений, мм.....	0,1
11. Подключаемый порт компьютера.....	LPT
12. Габариты (ширина x длина x высота), мм.....	20x380x420
13. Масса, кг.....	11

Станок является бесконсольно-фрезерным, имеет крестовый стол (координаты X и Y), на стойке станка имеются направляющие, по которым перемещается шпиндельная (фрезерная) головка (вертикальная координата Z). Надежный, с числовым управлением координатный стол станка позволяет выполнять точные работы по пластику и дереву под управлением персонального компьютера.

Кинематика всех трех приводов подачи аналогична: электродвигатель, муфта, винтовая передача с шагом 1 мм.

## 2. ПРИВОДЫ СТАНКА

Главное движение – вращение шпинделя фрезерной головки с режущим инструментом, осуществляется двигателем постоянного тока. Бесступенчатое изменение частоты вращения инструмента обеспечивается с помощью ручного регулятора, расположенного на корпусе головки.

Три привода подач обеспечивают бесступенчатое регулирование скоростей подач в соответствии с заданными в управляющей программе значениями.

В качестве двигателей приводов подач применены шаговые двигатели [15–19].

Применение шаговых двигателей обусловлено следующим:

- угол поворота ротора определяется числом импульсов, которые поданы на двигатель;
- двигатель обеспечивает полный момент в режиме остановки (если обмотки запитаны);
- прецизионное позиционирование и повторяемость. Хорошие шаговые двигатели имеют точность 3–5% от величины шага. Эта ошибка не накапливается от шага к шагу;
- возможность быстрого старта/остановки/реверсирования;
- высокая надежность, связанная с отсутствием щеток, срок службы шагового двигателя фактически определяется сроком службы подшипников;
- однозначная зависимость положения от входных импульсов обеспечивает позиционирование без обратной связи;
- возможность получения очень низких скоростей вращения для нагрузки, присоединенной непосредственно к валу двигателя без промежуточного редуктора;
- может быть перекрыт довольно большой диапазон скоростей, скорость пропорциональна частоте входных импульсов.

Однако, ШД имеют следующие недостатки:

- шаговым двигателем присуще явление резонанса;
- возможна потеря контроля положения ввиду работы без обратной связи;
- потребление энергии не уменьшается даже без нагрузки;
- затруднена работа на высоких скоростях;
- невысокая удельная мощность;
- относительно сложная схема управления.

Шаговый двигатель (ШД) – это электромеханическое устройство синхронного типа, которое преобразует управляющие электрические импульсы в дискретные механические перемещения (угловые или линейные). Шаговые двигатели относятся к классу бесколлекторных двигателей постоянного тока. Как и любые бесколлекторные двигатели, ШД имеют высокую надежность и большой срок службы. Одним из главных преимуществ шаговых двигателей является возможность осуществлять точное позиционирование и регулировку скорости без обратной связи. Это очень важно, так как датчики обратной связи могут стоить больше самого двигателя. Если нагрузка шагового двигателя превысит его момент, то информация о положении ротора теряется и система требует базирования с помо-

щью, например, концевого выключателя или другого датчика. Системы с обратной связью не имеют подобного недостатка.

В шаговом двигателе вращающий момент создается магнитными потоками статора и ротора, которые соответствующим образом ориентированы друг относительно друга. Статор изготовлен из материала с высокой магнитной проницаемостью и имеет несколько полюсов. Полюс можно определить как некоторую область намагниченного тела, где магнитное поле сконцентрировано. Полюса имеют как статор, так и ротор. Для уменьшения потерь на вихревые токи магнитопроводы собраны из отдельных пластин, подобно сердечнику трансформатора. Вращающий момент пропорционален величине магнитного поля, которая пропорциональна току в обмотке и количеству витков. Таким образом, момент зависит от параметров обмоток. Если хотя бы одна обмотка шагового двигателя запитана, ротор принимает определенное положение. Он будет находиться в этом положении до тех пор, пока внешний приложенный момент не превысит некоторого значения, называемого моментом удержания. После этого ротор повернется и будет стараться принять одно из следующих положений равновесия.

### **Виды шаговых двигателей**

Существуют три основных типа шаговых двигателей:

- двигатели с переменным магнитным сопротивлением,
- двигатели с постоянными магнитами,
- гибридные двигатели.

### **Двигатели с переменным магнитным сопротивлением**

Шаговые двигатели с переменным магнитным сопротивлением имеют несколько полюсов на статоре и ротор зубчатой формы из магнитомягкого материала (рис. 2). Намагниченность ротора отсутствует. Для простоты на рисунке ротор имеет 4 зубца, а статор имеет 6 полюсов. Двигатель имеет 3 независимые обмотки, каждая из которых намотана на двух противоположных полюсах статора. Такой двигатель имеет шаг  $30^\circ$ . При включении тока в одной из катушек, ротор стремится занять положение, когда магнитный поток замкнут, т.е. зубцы ротора будут находиться напротив тех полюсов, на которых находится запитанная обмотка. Если затем выключить эту обмотку и включить следующую, то ротор поменяет положение, снова замкнув своими зубцами магнитный поток. Таким образом, чтобы осуществить непрерывное вращение, нужно включать фазы попеременно. Двигатель не чувствителен к направлению тока в обмотках.

Реальный двигатель может иметь большее количество полюсов статора и большее количество зубцов ротора, что соответствует большему количеству шагов на оборот. Иногда поверхность каждого полюса статора выполняют зубчатой, что вместе с соответствующими зубцами ротора обеспечивает очень маленькое значения угла шага, порядка нескольких градусов. Двигатели с переменным магнитным сопротивлением довольно редко используют в промышленных применениях.

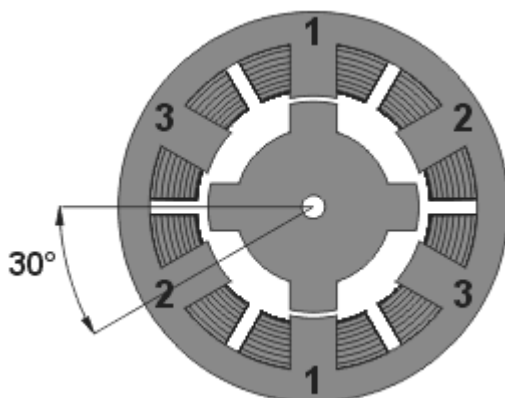


Рис. 2. Двигатель с переменным магнитным сопротивлением

### Двигатели с постоянными магнитами

Двигатели с постоянными магнитами состоят из статора, который имеет обмотки, и ротора, содержащего постоянные магниты (рис. 3). Чередующиеся полюса ротора имеют прямолинейную форму и расположены параллельно оси двигателя. Благодаря намагниченности ротора в таких двигателях обеспечивается большой магнитный поток и, как следствие, больший момент, чем у двигателей с переменным магнитным сопротивлением.

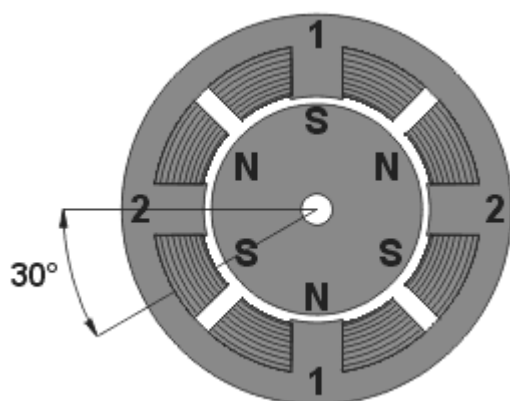


Рис. 3. Двигатель с постоянными магнитами

Показанный на рисунке двигатель имеет 3 пары полюсов ротора и 2 пары полюсов статора. Двигатель имеет 2 независимые обмотки, каждая из которых намотана на двух противоположных полюсах статора. Такой двигатель, как и рассмотренный ранее двигатель с переменным магнитным сопротивлением, имеет величину шага  $30^\circ$ . При включении тока в одной из катушек, ротор стремится занять такое положение, когда разноименные полюса ротора и статора находятся друг напротив друга. Для осуществления непрерывного вращения нужно включать фазы попеременно. На практике двигатели с постоянными магнитами обычно имеют 48–24 шага на оборот (угол шага  $7,5\text{--}15^\circ$ ).

Разрез реального шагового двигателя с постоянными магнитами показан на рис. 4.

Для удешевления конструкции двигателя магнитопровод статора выполнен в виде штампованного стакана. Внутри находятся полюсные наконечники в виде ламелей. Обмотки фаз размещены на двух разных магнитопроводах, которые установлены друг на друге. Ротор представляет собой цилиндрический многополюсный постоянный магнит.

Двигатели с постоянными магнитами подвержены влиянию обратной ЭДС со стороны ротора, которая ограничивает максимальную скорость. Для работы на высоких скоростях используются двигатели с переменным магнитным сопротивлением.

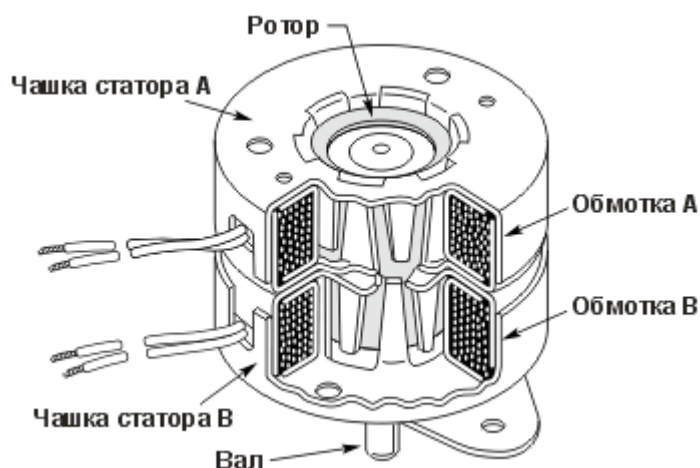


Рис. 4. Разрез шагового двигателя с постоянными магнитами

### Гибридные двигатели

Гибридные двигатели являются более дорогими, чем двигатели с постоянными магнитами, зато они обеспечивают меньшую величину шага, больший момент и большую скорость. Типичное число шагов на оборот для гибридных двигателей составляет от 100 до 400 (угол шага  $3,6-0,9^\circ$ ). Гибридные двигатели сочетают в себе лучшие черты двигателей с переменным магнитным сопротивлением и двигателей с постоянными магнитами. Ротор гибридного двигателя имеет зубцы, расположенные в осевом направлении (рис. 5).

Ротор разделен на две части, между которыми расположен цилиндрический постоянный магнит. Таким образом, зубцы верхней половинки ротора являются северными полюсами, а зубцы нижней половинки – южными. Кроме того, верхняя и нижняя половинки ротора повернуты друг относительно друга на половину угла шага зубцов. Число пар полюсов ротора равно количеству зубцов на одной из его половинок. Зубчатые полюсные наконечники ротора, как и статор, набраны из отдельных пластин для уменьшения потерь на вихревые токи. Статор гибридного двигателя также имеет зубцы, обеспечивая большое количество эквивалентных полюсов, в отличие от основных полюсов, на которых расположены обмотки. Обычно используются 4 основных полюса для  $3,6^\circ$  двигателей и 8 основных полюсов для  $1,8^\circ$  и  $0,9^\circ$  двигателей.



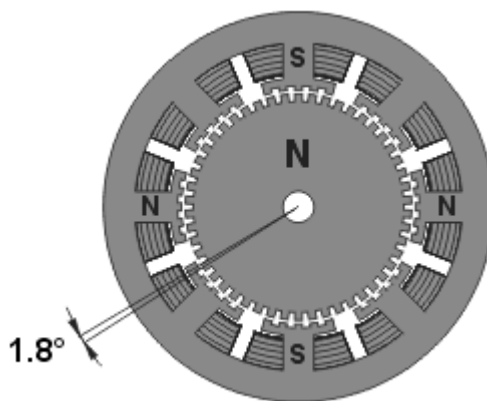


Рис. 5. Гибридный двигатель

Зубцы ротора обеспечивают меньшее сопротивление магнитной цепи в определенных положениях ротора, что улучшает статический и динамический момент. Это обеспечивается соответствующим расположением зубцов, когда часть зубцов ротора находится строго напротив зубцов статора, а часть между ними. Зависимость между числом полюсов ротора, числом эквивалентных полюсов статора и числом фаз определяет угол шага  $S$  двигателя:

$$S = 360 / (N_{ph} \times Ph) = 360 / N,$$

где  $N_{ph}$  – число эквивалентных полюсов на фазу, равное числу полюсов ротора,  $Ph$  – число фаз,  $N$  – полное количество полюсов для всех фаз вместе.

Ротор показанного на рис. двигателя имеет 100 полюсов (50 пар), двигатель имеет 2 фазы, поэтому полное количество полюсов – 200, а шаг, соответственно,  $1,8^\circ$ .

Продольное сечение гибридного шагового двигателя показано на рис. 6. Стрелками показано направление магнитного потока постоянного магнита ротора. Часть потока (на рисунке показана черной линией) проходит через полюсные наконечники ротора, воздушные зазоры и полюсный наконечник статора. Эта часть не участвует в создании момента.

Как видно из рисунка, воздушные зазоры у верхнего и нижнего полюсного наконечника ротора разные. Это достигается благодаря повороту полюсных наконечников на половину шага зубьев. Поэтому существует другая магнитная цепь, которая содержит минимальные воздушные зазоры и, как следствие, обладает минимальным магнитным сопротивлением. По этой цепи замыкается другая часть потока (на рисунке показана штриховой белой линией), которая и создает момент. Часть цепи лежит в плоскости, перпендикулярной рисунку, поэтому не показана. В этой же плоскости создают магнитный поток катушки статора. В гибридном двигателе этот поток частично замыкается полюсными наконечниками ротора, и постоянный магнит его «видит» слабо. Поэтому в отличие от двигателей постоянного тока, магнит гибридного двигателя невозможно размагнитить ни при какой величине тока обмоток.

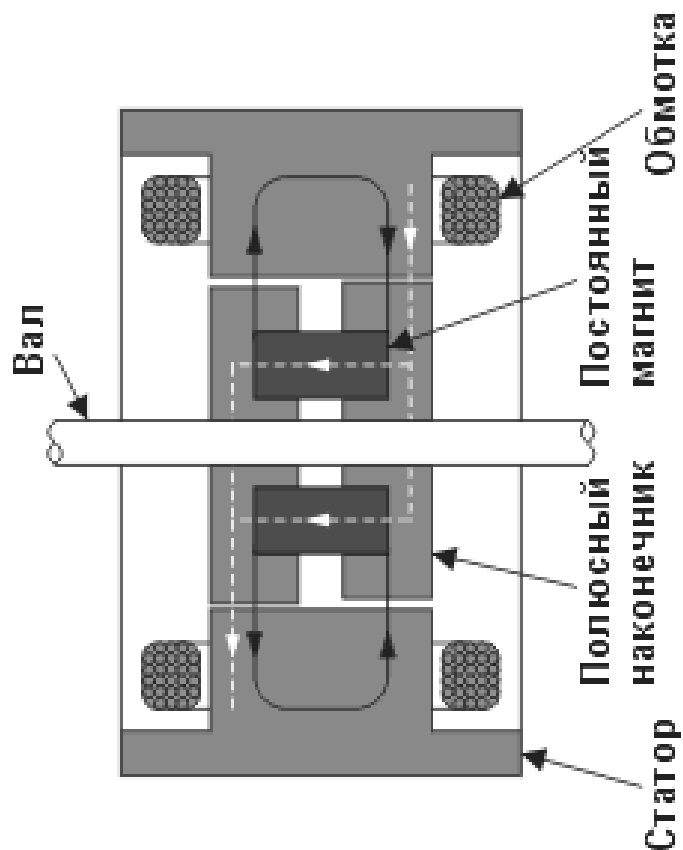


Рис. 6. Продольный разрез гибридного шагового двигателя

Величина зазора между зубцами ротора и статора очень небольшая – 0,1 мм. Чтобы магнитный поток не замыкался через вал, который проходит внутри магнита, его изготавливают из немагнитных марок стали. Они обычно обладают повышенной хрупкостью, поэтому с валом, особенно малого диаметра, следует обращаться с осторожностью.

Для получения больших моментов необходимо увеличивать как поле, создаваемое статором, так и поле постоянного магнита. При этом требуется больший диаметр ротора, что ухудшает отношение крутящего момента к моменту инерции. Поэтому мощные шаговые двигатели иногда конструктивно выполняют из нескольких секций в виде этажерки. Крутящий момент и момент инерции увеличиваются пропорционально количеству секций, а их отношение не ухудшается.

Существуют и другие конструкции шаговых двигателей. Например, двигатели с дисковым намагниченным ротором. Такие двигатели имеют малый момент инерции ротора, что в ряде случаев важно.

Большинство современных шаговых двигателей являются гибридными. По сути гибридный двигатель является двигателем с постоянными магнитами, но с большим числом полюсов. По способу управления такие двигатели одинаковы, дальше будут рассматриваться только такие двигатели. Чаще всего на практике двигатели имеют 100 или 200 шагов на оборот, соответственно шаг равен  $3,6^\circ$  или  $1,8^\circ$ . Большинство контроллеров позволяют работать в полушаговом режиме, где этот угол вдвое меньше, а некоторые контроллеры обеспечивают микрошаговый режим.

Существует несколько способов управления фазами шагового двигателя. Первый способ обеспечивается попеременной коммутацией фаз, при этом они не перекрываются, в один момент времени включена только одна фаза (рис. 7а). Этот способ называют "one phase on" full step или wave drive mode. Точки равновесия ротора для каждого шага совпадают с «естественными» точками равновесия ротора у незапитанного двигателя. Недостатком этого способа управления является то, что для биполярного двигателя в один и тот же момент времени используется 50% обмоток, а для униполярного – только 25%. Это означает, что в таком режиме не может быть получен полный момент.

Второй способ – управление фазами с перекрытием: две фазы включены в одно и то же время. Его называют "two-phase-on" full step или просто full step mode. При этом способе управления ротор фиксируется в промежуточных позициях между полюсами статора (рис. 7б) и обеспечивается примерно на 40% больший момент, чем в случае одной включенной фазы. Этот способ управления обеспечивает такой же угол шага, как и первый способ, но положение точек равновесия ротора смещено на пол-шага. Третий способ является комбинацией первых двух и называется полушаговым режимом, "one and two-phase-on" half step или просто half step mode, когда двигатель делает шаг в половину основного. Этот метод управления достаточно распространен, так как двигатель с меньшим шагом стоит дороже и очень заманчиво получить от 100-шагового двигателя 200 шагов на оборот. Каждый второй шаг запитана лишь одна фаза, а в остальных случаях запитаны две (рис. 7в). В результате угловое перемещение ротора составляет половину угла шага для первых двух способов управления. Кроме уменьшения размера шага этот способ управления позволяет частично избавиться от явления резонанса. Полушаговый режим обычно не позволяет получить полный момент, хотя наиболее совершенные драйверы реализуют модифицированный полушаговый режим, в котором двигатель обеспечивает практически полный момент, при этом рассеиваемая мощность не превышает номинальной.

Примененный во всех приводах подачи станка MF70-4Ф4 двигатель является униполярным. В данном варианте (имеется виду схема построения управляющего драйвера для каждого двигателя, тип двигателя) имеется возможность коммутации двигателя как в полношаговом режиме, так и полушаговом режиме. В полношаговом режиме с двумя включенными фазами положения точек равновесия ротора смещены на пол шага. Нужно отметить, что эти положения ротор принимает при работе двигателя, но положение ротора не может сохраняться неизменным после выключения тока обмоток. Поэтому при включении и выключении питания двигателя ротор будет смещаться на полшага. Для того, чтобы он не смещался при остановке, необходимо подавать в обмотки ток удержания. То же справедливо и для полушагового и микрошагового режимов. Следует отметить, что если в выключенном состоянии ротор двигателя поворачивался, то при включении питания возможно смещение ротора и на большую, чем половина шага величину. Для правильной работы шагового двигателя и получения желательных динамических характеристик от приводов станка MF70-4Ф4 необходимо помнить о физике шагового двигателя: чем выше скорость вращения шагового двигателя тем момент

на валу последнего ниже. Шаговый двигатель не может мгновенно начать вращаться с высокой скоростью (точнее может, но не гарантируется, что он сможет преодолеть силу трение покоя в направляющих суппорта станка). По этому двигатель желательно разогнать, что и делается в управляющей программе (меню “Настройка”/“Разгон ШД”). Обычно для шагового двигателя в технической литературе приводятся две кривые зависимости момента от скорости (рис. 8).

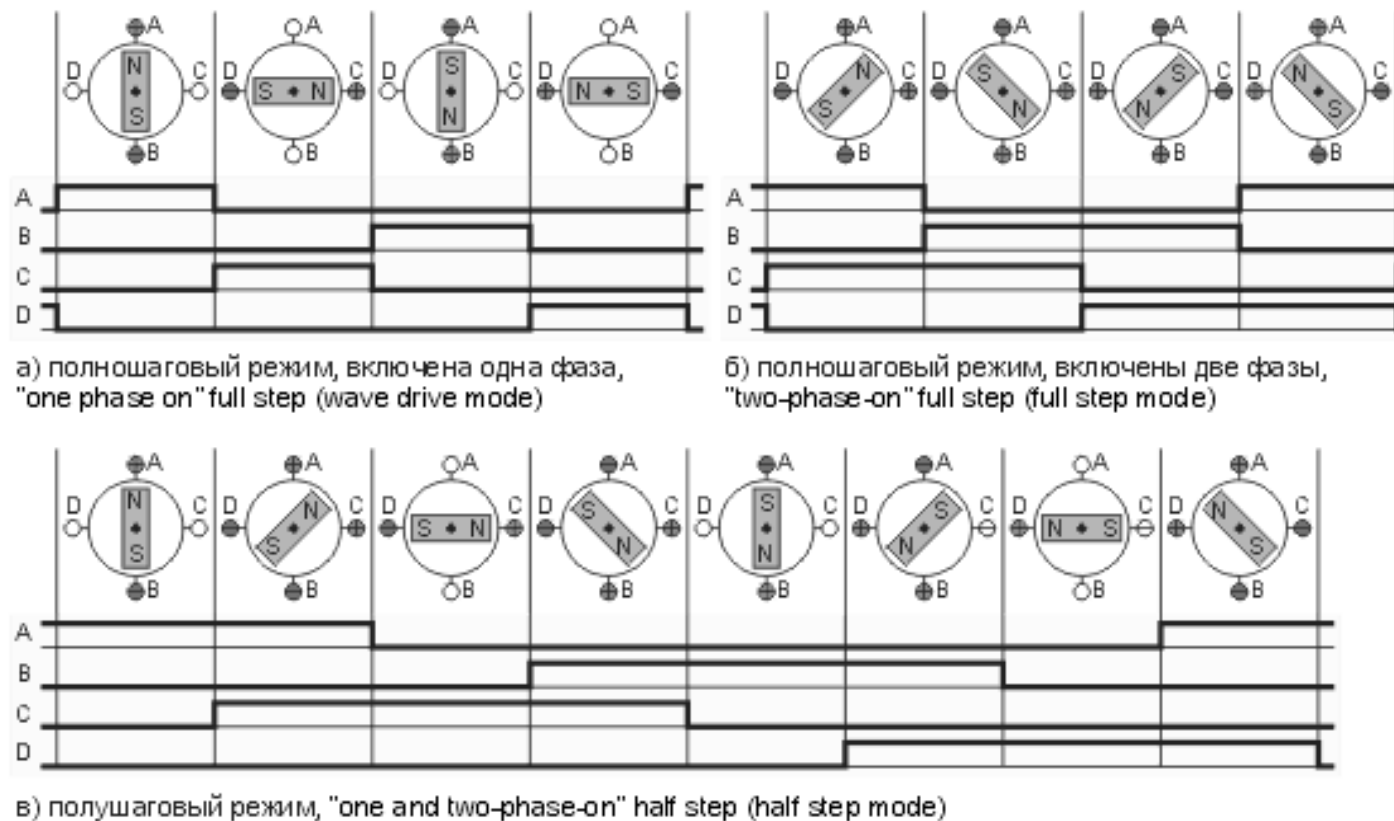


Рис. 7. Различные способы управления фазами шагового двигателя

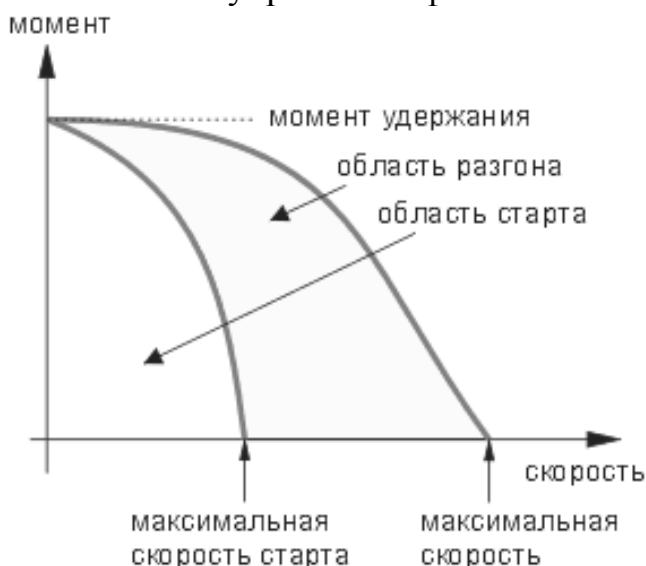


Рис. 8. Зависимость момента от скорости

Внутренняя кривая (кривая старта, или pull-in curve) показывает, при каком максимальном моменте трения для данной скорости шаговый двигатель способен

тронуться. Эта кривая пересекает ось скоростей в точке, называемой максимальной частотой старта или частотой приемистости. Она определяет максимальную скорость, на которой ненагруженный двигатель может тронуться. На практике эта величина лежит в пределах 200–500 полных шагов в секунду. Инерционность нагрузки сильно влияет на вид внутренней кривой. Большая инерционность соответствует меньшей области под кривой. Эта область называется областью старта. Внешняя кривая (кривая разгона, или pull-out curve) показывает, при каком максимальном моменте трения для данной скорости шаговый двигатель способен поддерживать вращение без пропуска шагов. Эта кривая пересекает ось скоростей в точке, называемой максимальной частотой разгона. Она показывает максимальную скорость для данного двигателя без нагрузки. При измерении максимальной скорости нужно иметь в виду, что из-за явления резонанса момент равен нулю еще и на резонансной частоте.

Область, которая лежит между кривыми, называется областью разгона. Для того чтобы работать на большой скорости из области разгона, необходимо стартовать на низкой скорости из области старта, а затем выполнить разгон. При остановке нужно действовать в обратном порядке: сначала выполнить торможение, и только войдя в область старта можно прекратить подачу управляющих импульсов. В противном случае произойдет потеря синхронности и положение ротора будет утеряно. Использование разгона и торможения позволяет достичь значительно больших скоростей – в промышленных применениях используются скорости до 10000 полных шагов в секунду. Необходимо отметить, что непрерывная работа шагового двигателя на высокой скорости не всегда допустима ввиду нагрева ротора. Однако высокая скорость кратковременно может быть использована при осуществлении позиционирования. При разгоне двигатель проходит ряд скоростей, при этом на одной из скоростей можно столкнуться с неприятным явлением резонанса. Для нормального разгона желательно иметь нагрузку, момент инерции которой как минимум равен моменту инерции ротора. На ненагруженном двигателе явление резонанса проявляется наиболее сильно. При осуществлении разгона или торможения важно правильно выбрать закон изменения скорости и максимальное ускорение. Ускорение должно быть тем меньше, чем выше инерционность нагрузки. Критерий правильного выбора режима разгона – это осуществление разгона до нужной скорости для конкретной нагрузки за минимальное время. На практике чаще всего применяют разгон и торможение с постоянным ускорением. Реализация закона, по которому будет производиться ускорение или торможение двигателя, обычно производится программно, так как компьютер является источником тактовой частоты для драйвера шагового двигателя.

В системах с низким демпфированием существует опасность потери шагов или повышения шума, когда двигатель работает вблизи резонансной частоты. Существуют методы борьбы с резонансом на уровне алгоритма работы драйвера. Например, можно использовать тот факт, что при работе с двумя включенными фазами резонансная частота примерно на 20% выше, чем с одной включенной фазой. Если резонансная частота точно известна, то ее можно проходить, меняя ре-

жим работы. Для соединения шаговых двигателей с ходовыми винтами используются жесткие муфты.

Основные технические характеристики шаговых двигателей следующие:

- максимальная частота переключения  $f$ , определяющая способность двигателя работать без потери шагов с плавным разгоном;

- частота приемистости  $f$ , т.е. наибольшая частота импульсов управления, при которой частота вращения ротора ШД достигает синхронной при пуске без потери шага;

- пусковой момент  $M$ , т.е. наибольший момент нагрузки, при котором возможен пуск и дальнейшая работа двигателя.

В отличие от некоторых других электромашин ШД может в течение длительного времени пребывать под током.

Особенностью ШД является также высокая электромагнитная постоянная времени обмоток  $\tau = L/R$ , что в реальных схемах требует форсирования скорости нарастания силы тока.

Монтаж электрической схемы выполнен на печатных платах, размещенных в корпусе, который прикреплен к стойке станка. Схема подключения станка – структурная схема соединения всех элементов поставляемого станочного комплекса, приведена на рис. 9.

Станок подключается к стандартному параллельному LPT-порту компьютера.

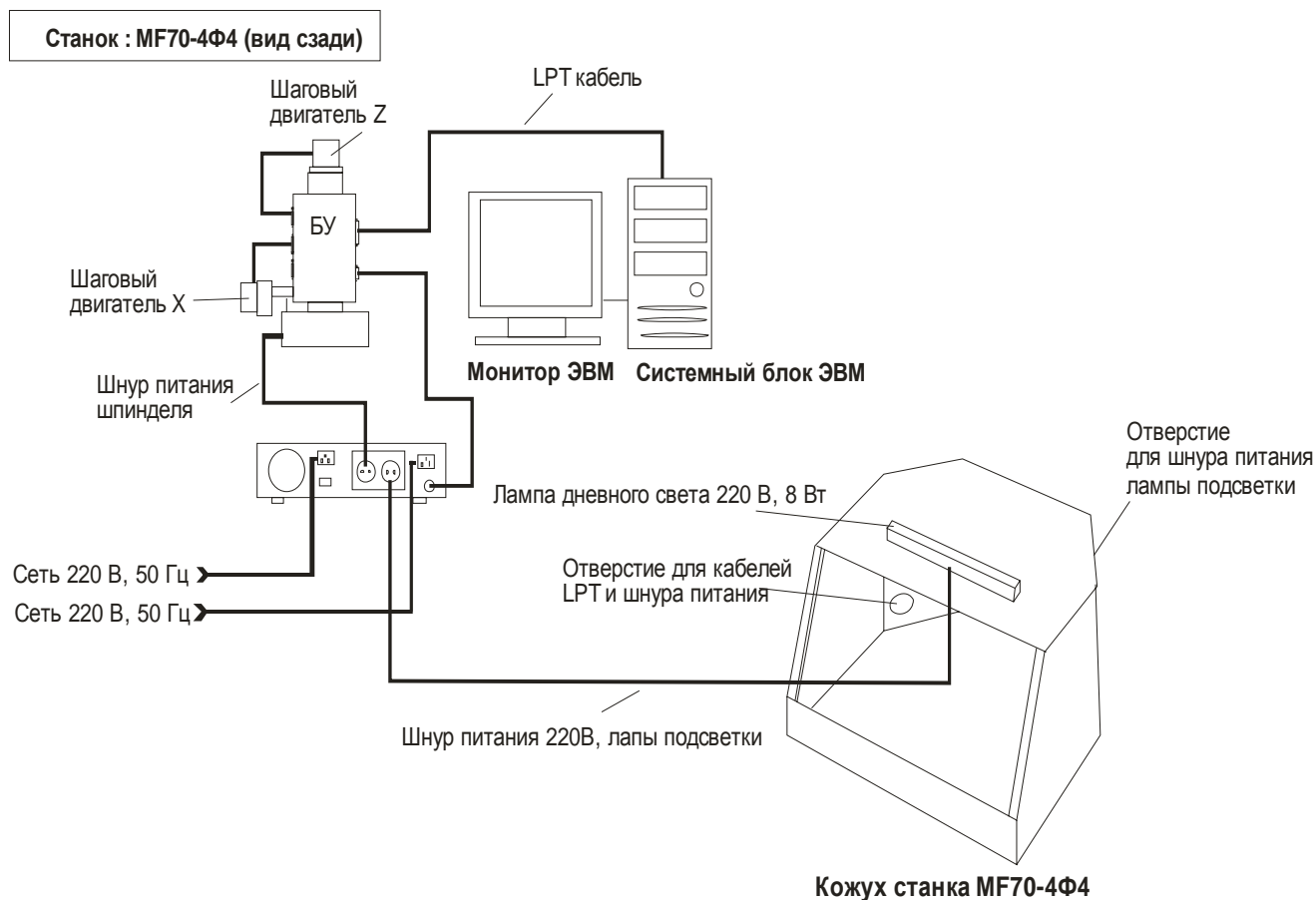


Рис. 9. Схема монтажная  
3. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА

Для управления станком MF70-4Ф4 используется УЧПУ класса PCNC, реализуемая программой **STEPPER CNC**.

Программа **STEPPER CNC** предназначена для управления минигабаритными станками из операционных систем Windows 95,98, Windows XP и Windows 2000, она имеет интуитивно понятный интерфейс, способствующий быстрому обучению персонала, ранее работавшего в операционных системах Windows.

#### **Системные требования (минимальные)**

Celeron 2.4ГГц / 256М / HDD 40Гб / SVGA 64М

Поддержка режима EPP 1.9 LPT порта.

Режим экрана: 1024x768x24

**ПРИМЕЧАНИЕ:** При работе с процессорами Intel Pentium-4 необходимо отключить поддержку HT (Hyper Threading).

Программа управляет всеми приводами станка в реальном режиме времени. Обеспечивает поддержку стандарта программирования станков с ЧПУ ISO-7bit с базовым набором основных команд (включая спектр команд линейной и круговой интерполяции). Обеспечивается также сплайновая интерполяция. Управляющая программа, кроме того, имеет в своем составе встроенный имитатор работы станка с ЧПУ. Имитатор имеет возможность работать на компьютере без подключенного станка MF70-4Ф4, позволяет отлаживать и тестировать написанные учащимися программы на виртуальной трехмерной модели станка.

Переключение работы из режима “Имитатор” в режим “Станок” и обратно – осуществляется нажатием всего лишь одной клавиши.

## 4. ПРОГРАММНЫЙ ИНТЕРФЕЙС СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТАНКОМ

### **Установка**

Для установки программы необходимо обладать правами администратора. Перед установкой необходимо установить пакет RTX 6.1.

Запустите файл setup.exe с диска. По умолчанию программа устанавливается в каталог C:\STEPPER CNC. Программа установки создаст группу STEPPER CNC в меню Программы и ярлык “STEPPER CNC” на Рабочем столе. После первого запуска система попросит перезагрузить компьютер.

### **Запуск программы**

Запускается программа с помощью ярлыка “STEPPER CNC” на Рабочем столе (см. рис. 6) или через меню “Пуск -> Программы -> STEPPER CNC”.

### **Основные принципы**

1. После запуска программа находится в режиме ИМИТАТОР.
2. Любое перемещение инструмента возможно, если скорость суппорта F не равна 0.
3. Для запуска «Ручного режима» в режиме ИМИТАТОР не требуется дополнительных действий и настроек.

4. Для выполнения отдельной команды с командной строки в режиме ИМИТАТОР не требуется дополнительных настроек.

5. Для запуска «Автоматического выполнения» Управляющей Программы требуется выполнить выход в «Ноль станка» по всем координатам (для режимов СТАНОК и ИМИТАТОР).

На рис. 10 показано **главное окно программы**. В главном окне программы имеются следующие опции: панель статуса, панель инструментов и панель управления.




### Панель статуса (рис. 11)

На панели статуса отображаются:

1. Текущий режим системы ИМИТАТОР (активен, если зеленый).
2. Текущий режим системы СТАНОК (активен, если зеленый).
3. Режим работы с оборудованием (активен, если зеленый).
4. Тип оборудования (ФРЕЗЕРНЫЙ ИЛИ ТОКАРНЫЙ).

Нажатием на индикаторы режимов СТАНОК или ИМИТАТОР можно производить переключение между режимами. Например, нажав на индикатор ИМИТАТОР, пользователь переключит систему в режим ИМИТАТОР.

### Панель инструментов (рис. 12)

-  – Вызов диалога настройки функции G500 (сообщения пользователя).
-  – Вызов диалога настройки функции G92 (система координат детали).
-  – Системные сообщения.

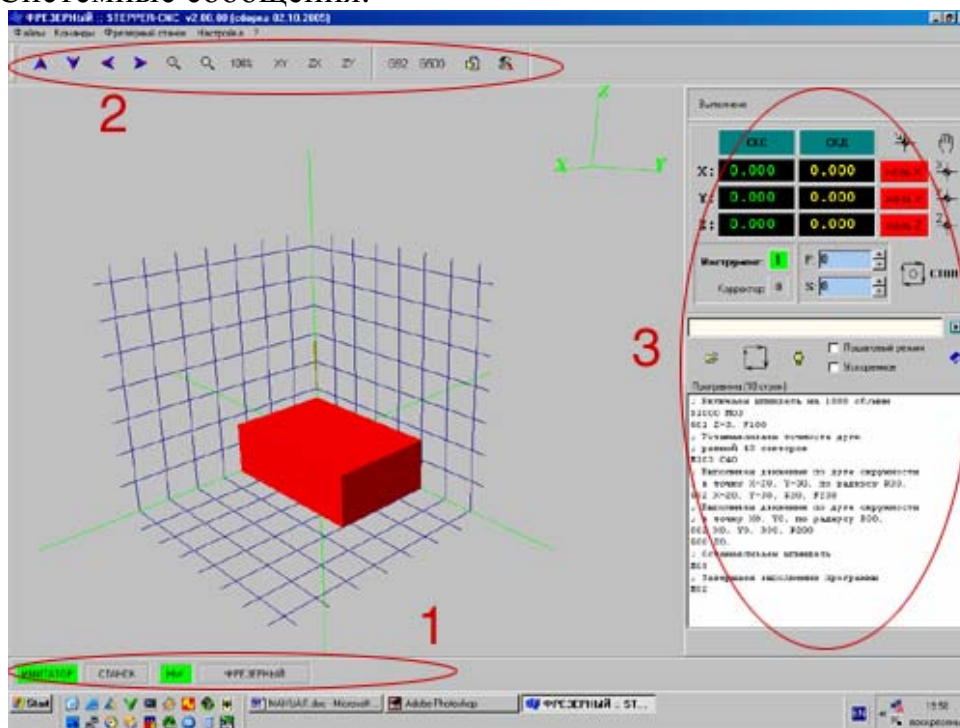


Рис. 10. Главное окно программы:

1 – панель статуса, 2 – панель инструментов, 3 – панель управления



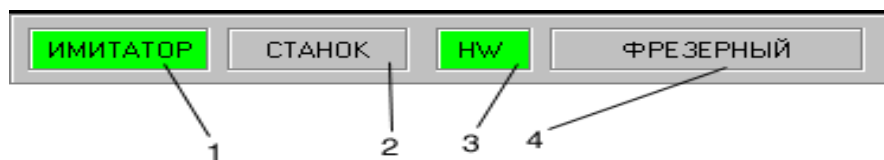


Рис. 11. Панель статуса



Рис. 12. Панель инструментов



– Вызов диалога “Настройка оборудования”.



– Поворот точки обзора вокруг горизонтальной оси (фрезерный станок).



– Поворот точки обзора вокруг вертикальной оси (фрезерный станок).



– Увеличить изображение.



– Уменьшить изображение.



– Изображение 100%.



– Вид на плоскость OXY (фрезерный станок).



– Вид на плоскость OZX (фрезерный станок).



– Вид на плоскость OZY (фрезерный станок).

### Панель управления (рис. 13)

Основная панель управления программы находится справа в главном окне программы.

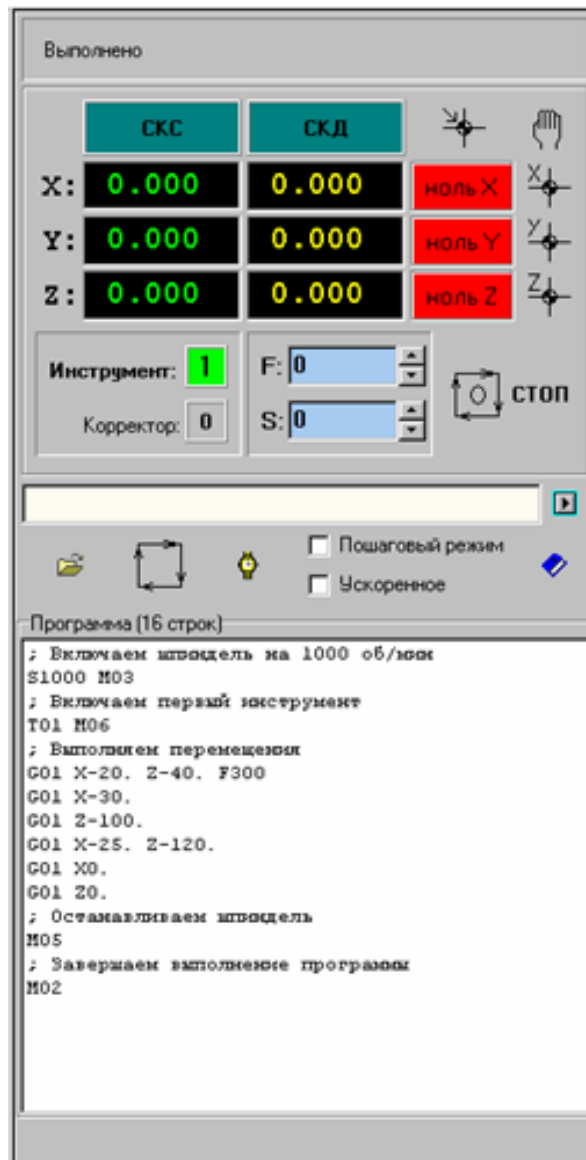


Рис. 13. Панель управления

Панель координат (рис. 14) служит для отображения положения суппорта в СКД (Системе координат Станка) и СКС (Системе координат Детали)

	СКС	СКД
X:	0.000	0.000
Y:	0.000	0.000
Z:	0.000	0.000

Рис. 14. Панель координат

Панель нулевого положения (рис. 15) предназначена для отображения нулевого положения суппорта. Содержит индикаторы нулевого положения “ноль X”, “ноль Y” и “ноль Z”, а так же кнопки вывода суппорта в ноль по координатам X, Y и Z (рис. 16).

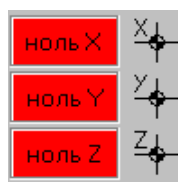


Рис. 15. Панель нулевого положения



Рис. 16. Кнопки вывода суппорта в Ноль

Информационная панель (рис. 17) служит для отображения информации о текущем корректоре инструмента и номере инструмента, а так же о текущей скорости суппорта F и скорости главного движения S.



Рис. 17. Информационная панель



Командная строка (рис. 18) предназначена для ввода и исполнения отдельных команд. Выполнение команды системой начинается после нажатия на клавишу “Enter” на клавиатуре ПК или кнопку . Историю команд можно вызвать, нажав на кнопку .



Рис. 18. Командная строка

Панель автоматического режима (рис. 19) предназначена для управления автоматическим выполнением «Управляющей программы» (УП).

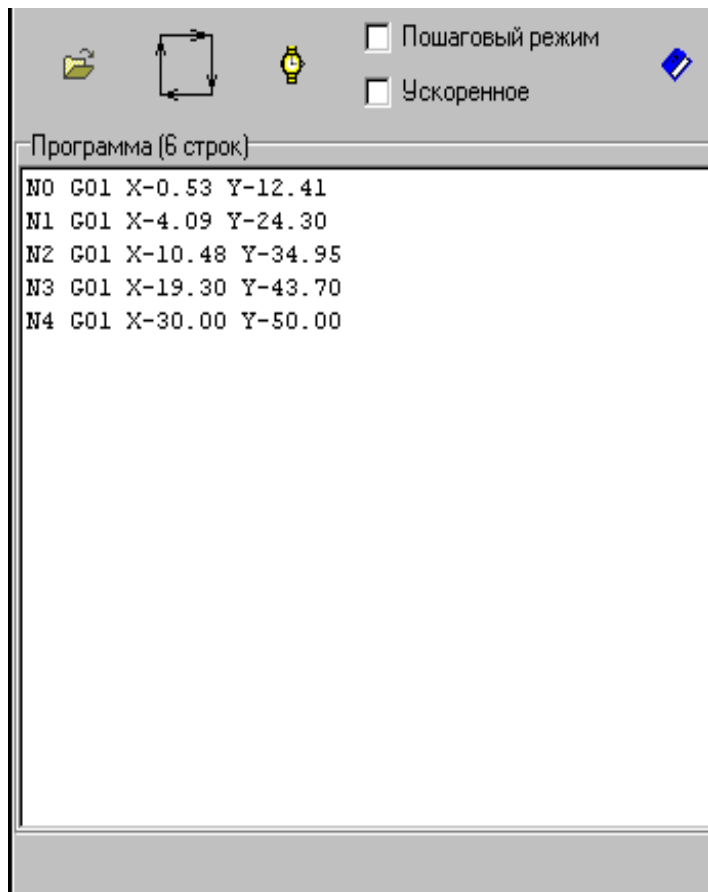



Рис. 19. Панель автоматического режима

Вызов диалога загрузки УП производится нажатием на кнопку . Текст загруженной УП будет отображен в окне “Программа”.

Запуск УП производится нажатием на кнопку .

Временный останов выполнения УП производится нажатием на кнопку .

Включение пошагового режима выполнения УП производится установкой флага “Пошаговый режим”.

В режиме ИМИТАТОР на фрезерном станке при выполнении УП можно ускорить визуализацию перемещений инструмента, установив флаг “Ускоренное”.

### МЕНЮ ФАЙЛЫ

Данное меню (рис. 20) содержит пункты, относящиеся к работе с файлами.

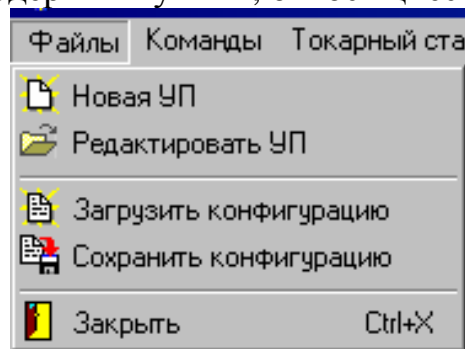


Рис.20. Меню “Файлы”

## НОВАЯ УП

Вызов текстового редактора для создания текста новой управляющей программы. Вызываемый текстовый редактор настраивается через меню Настройка->Настройки оборудования (см. МЕНЮ НАСТРОЙКА).

## РЕДАКТИРОВАТЬ УП

Вызов текстового редактора с текстом загруженной в систему управляющей программы. Вызываемый текстовый редактор настраивается через меню Настройка->Настройки оборудования (см. МЕНЮ НАСТРОЙКА). После сохранения изменений УП требуется перезагрузить УП в систему через меню Команды->Выполнение программы (см. МЕНЮ КОМАНДЫ).

## ЗАГРУЗИТЬ КОНФИГУРАЦИЮ

Перезагрузка всех конфигурационных файлов.

## СОХРАНИТЬ КОНФИГУРАЦИЮ

Принудительное сохранение конфигурации системы.

Примечание: Система сохраняет конфигурацию на выходе из программы автоматически.

## ЗАКРЫТЬ

Выход из программы.

## МЕНЮ КОМАНДЫ

Меню (рис. 21) содержит команды, общие для обоих типов станков (Токарного и Фрезерного).

ДИАГНОСТИКА рассмотрена в разделе 7 данного учебного пособия.

## ИСТОРИЯ КОМАНД

“История команд” – выводит окно (рис. 22) со списком команд, вводимым пользователем с командной строки системы. Историю команд можно сохранить в текстовый файл, нажав кнопку “Сохранить”. Очистить историю команд можно, нажав кнопку “Очистить”. Выбрав команду и нажав клавишу “Enter” пользователь может переместить выбранную команду в командную строку системы (та же операция возможна с использованием двойного щелчка правой кнопкой мыши).

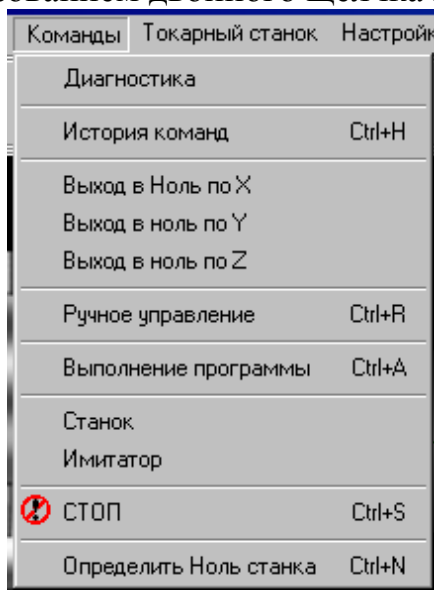


Рис. 21. Меню “Команды”

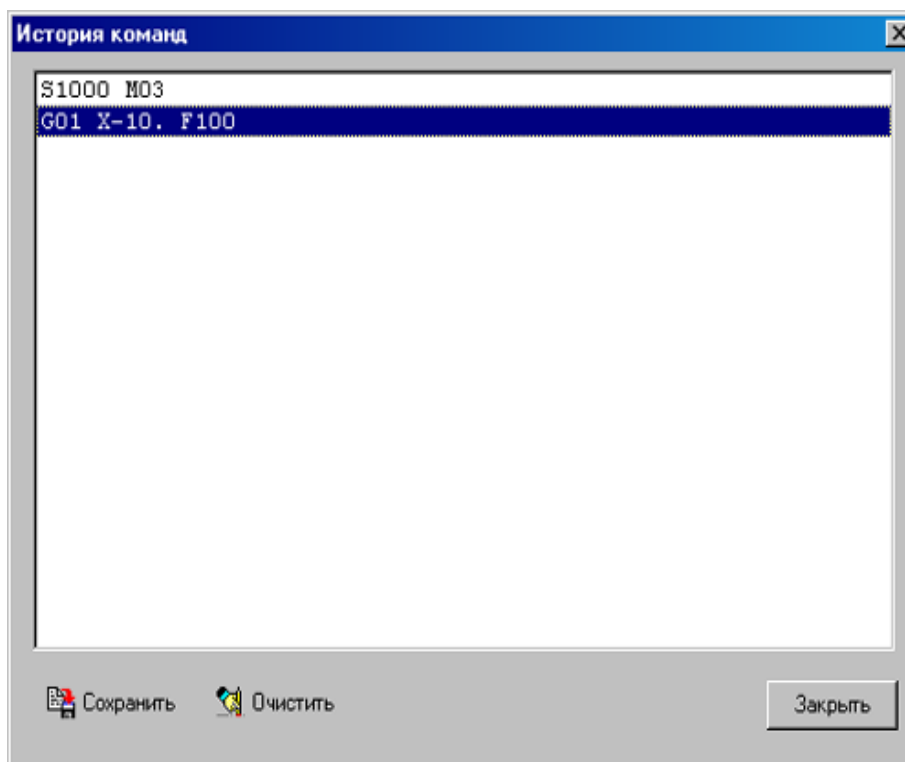


Рис. 22. Меню “История команд”

## **ВЫХОД В НОЛЬ ПО X, ВЫХОД В НОЛЬ ПО Y, ВЫХОД В НОЛЬ ПО Z**

Вывод суппорта указанной координаты в Ноль станка.

## **РУЧНОЕ УПРАВЛЕНИЕ**

“Ручное управление” (рис. 23)– выводит (если установлен флаг “Отображать панель Ручное управление в отдельном окне реализуется на вкладке “Дополнительно” в диалоге “Настройка оборудования”). С помощью данного окна можно вручную перемещать суппорт станка. Координаты в данном окне отображаются в системы координат станка.

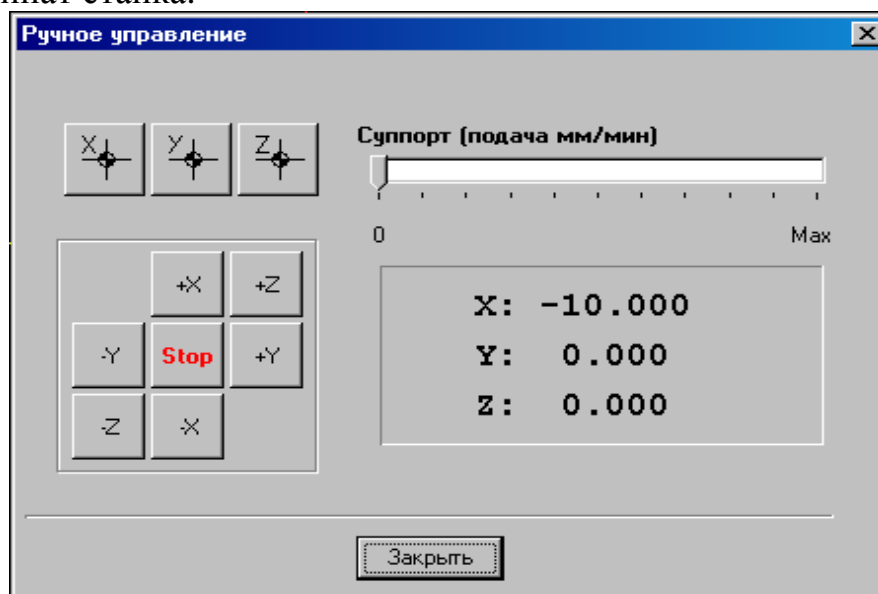
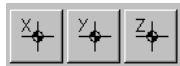



Рис. 23. Окно “Ручное управление”

Запуск перемещения производится следующим образом:

1. Установить “Скорость суппорта” в какое-либо значение, не равное 0 (например, на половину всей длины диапазона скоростей)
2. Нажмите кнопку с наименованием направления нужной Вам координаты и держите нажатой (зафиксированное нажатие правой кнопки мыши) до момента, когда суппорт переместится в нужную Вам точку.
3. Отпустите кнопку (привод остановится).

Выход в Ноль станка осуществляется однократным нажатием на кнопки



с соответствующей координатой. Например, для вывода в Ноль по X нажмите кнопку .

В более новой версии программы возможности пульта могут быть несколько расширены и добавлены новые элементы управления.

Если не установлен флаг “Отображать панель Ручное управление в отдельном окне” на вкладке “Дополнительно” в диалоге “Настройка оборудования”, то панель ручного управления отображается в главном окне вместо окна с текстом программы (рис. 24).

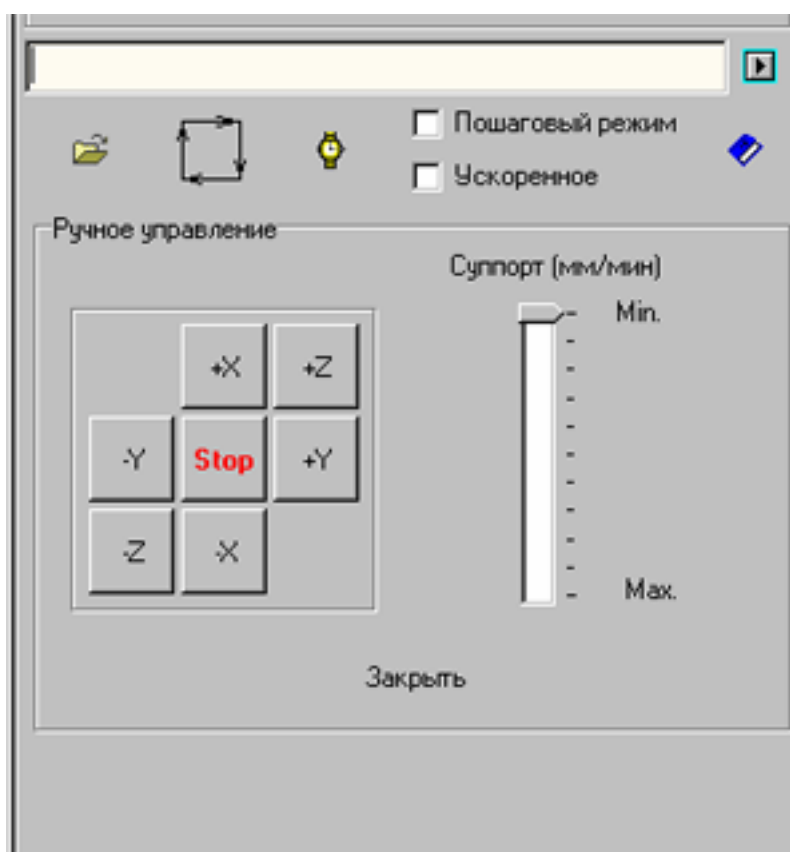


Рис. 24. Панель ручного управления в главном окне

## **ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОГРАММЫ**

“Выполнение программы” – выводит окно (рис. 25). Открытие диалога выбора файла УП производится нажатием кнопки “Открыть”, чтобы загрузить выдран-

ную УП в систему нажмите “Загрузить”. После этого текст УП будет отображен на лицевой панели программы в разделе “Программа” (см. Главное окно системы).

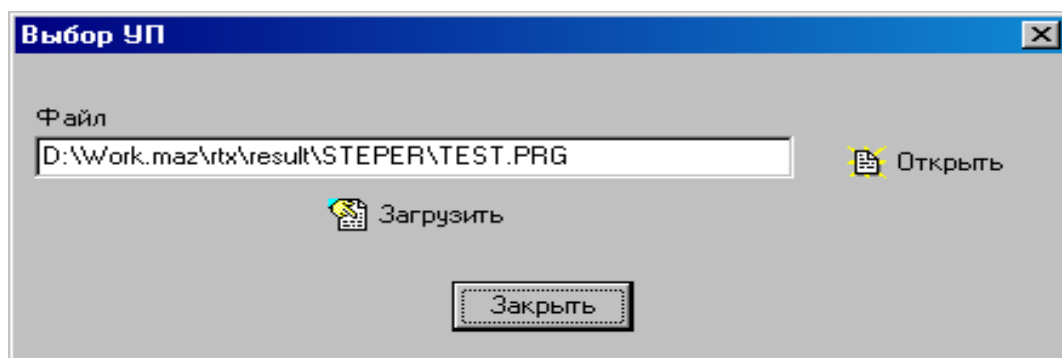


Рис.25. Окно “Выбор программы”

### **СТАНОК**

Переключение в режим работы с реальным станком. Станок должен быть подключен к компьютеру. Настройка оборудования должна быть выполнена (см. МЕНЮ НАСТРОЙКА).

### **ИМИТАТОР**

Переключение в режим Имитатор.

### **СТОП**

Остановка всех движений и выполнения УП. Значение скорости шпинделя и суппорта сбрасываются в 0.

### **ОПРЕДЕЛИТЬ НОЛЬ СТАНКА**

Текущее положение суппортов станка принимается за Ноль станка. Счетчики координат сбрасываются в 0. В дальнейшем команда Выход в Ноль по X (Y, Z) будет производить перемещение в данную точку на станке.

### **МЕНЮ НАСТРОЙКА**

Данное меню (рис. 26) содержит настройки программы, являющиеся общими для обоих типов оборудования (Токарного и Фрезерного), а так же отвечающими за корректную работу системы в целом.

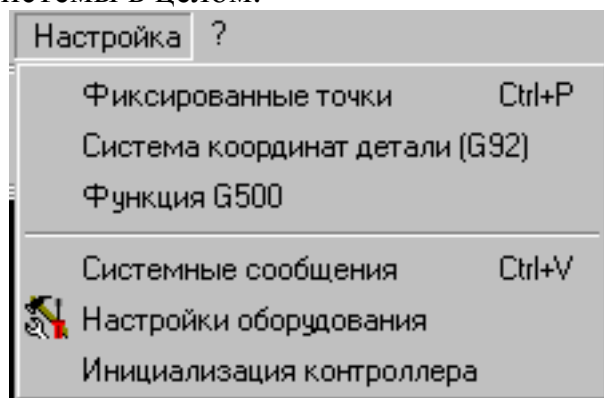


Рис. 26. Меню “Настройка”




## ФИКСИРОВАННЫЕ ТОЧКИ

“Фиксированные точки” – выводит окно (рис. 27), в котором напротив номера точки задаются координаты фиксированных точек, используемых в программе. Дважды щелкнув мышью по значению фиксированной точки можно изменить её значение.

Группа Exx – значения переменных E0 – E99. (См. Описание системы программирования управляющих программ.)

## СИСТЕМНЫЕ СООБЩЕНИЯ

“Системные сообщения” выводит окно (рис. 28) с системными сообщениями.

Данное окно также можно вызвать, нажав кнопку  на панели инструментов.

В окне “Системные сообщения” содержится сообщения программы на то или иное действие пользователя, более полная информация об ошибках.

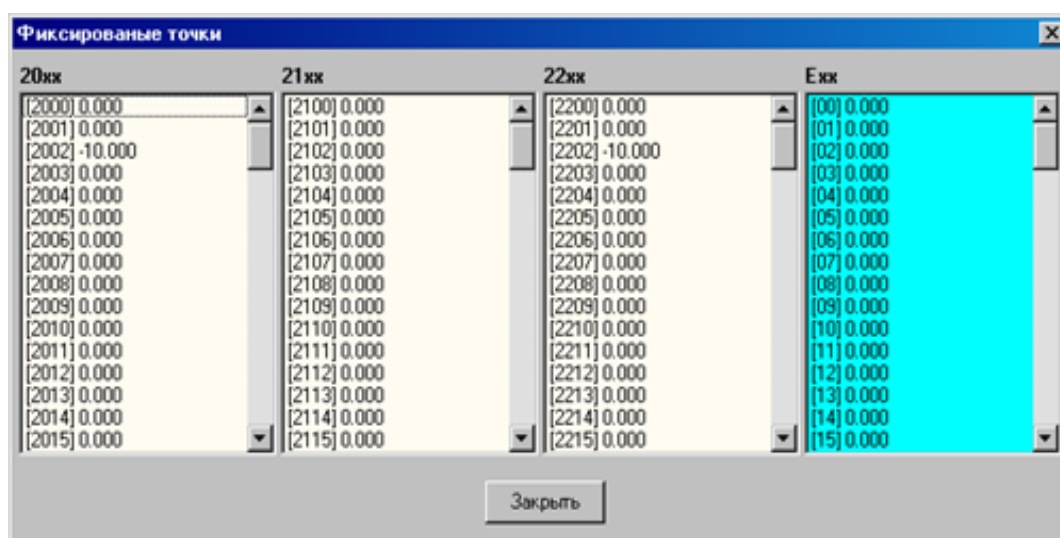


Рис. 27. Окно “Фиксированные точки”

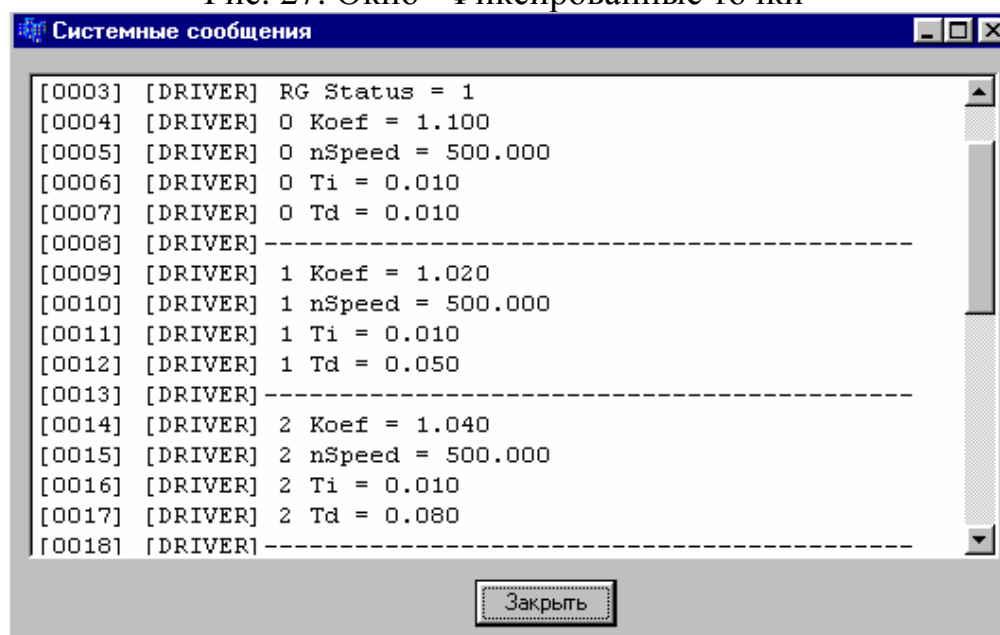


Рис. 28. Окно “Системные сообщения”

## ФУНКЦИЯ G500

“Настройка функции G500” выводит окно (рис. 29)

Данное окно является диалогом настройки сообщения пользователя, которые могут быть вызваны функцией G500 в процессе выполнения УП. Количество сообщений равно 20.

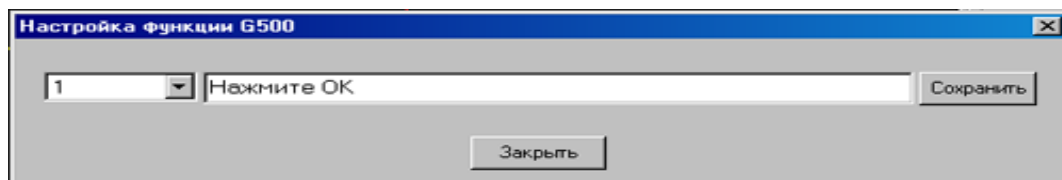


Рис. 29. Настройка функции G500

Выбрав номер сообщения, введите (измените) его текст и нажмите кнопку “Сохранить”. Также данное окно можно вызвать, нажав кнопку **G500** на панели инструментов.

## СИСТЕМА КООРДИНАТ ДЕТАЛИ (функция G92)

“Система координат детали G92” выводит окно (рис. 30). Данная настройка является аналогом вызова функции G92. Система координат детали привязывается к системе координат станка. После изменения значений нажмите кнопку “Установить”. Также данное окно можно вызвать, нажав кнопку **G92** на панели инструментов.

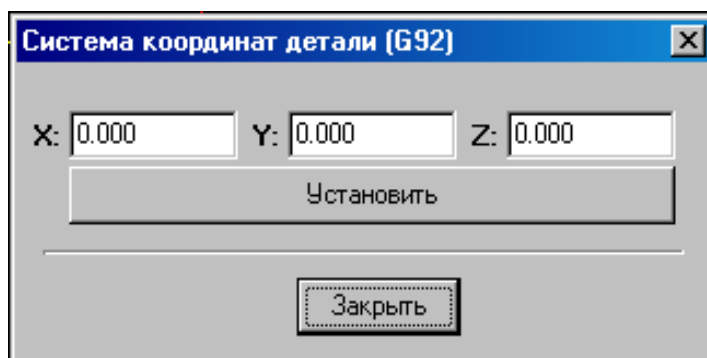


Рис. 30. Настройка системы координат

## НАСТРОЙКИ ОБОРУДОВАНИЯ

После изменения настроек в данном окне нажмите кнопку “Сохранить”.  
Вкладка ОБЩИЕ (рис. 31).

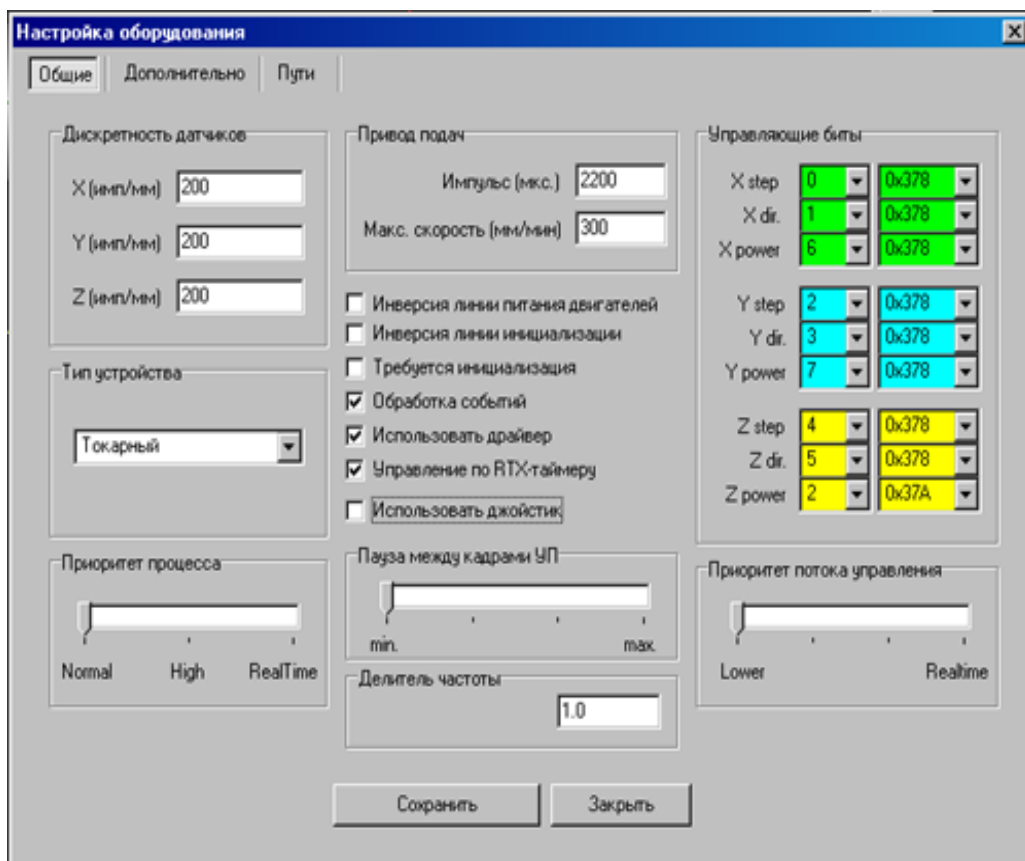


Рис. 31. Вкладка “ОБЩИЕ”

Изменение нижеприведенных настроек данной вкладки рекомендуется произвести сразу после установки программы и в дальнейшем не изменять.

**Флаг ИНВЕРСИЯ ЛИНИИ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ:**

В случае, когда активный уровень линии питания двигателей 0. Флаг должен быть выставлен. ПРИМЕЧАНИЕ: Информация об активных уровнях в паспорте станка.

**Флаг ИНВЕРСИЯ ЛИНИИ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ:**

В случае, когда активный уровень линии инициализации блока управления 0. Флаг должен быть выставлен.

Примечание: Информация об активных уровнях в паспорте станка.

**Флаг ТРЕБУЕТСЯ ИНИЦИАЛИЗАЦИЯ:**

При работе с системой на базе контроллера управления приводами данный флаг должен быть выставлен. При неустановленном флаге игнорируются настройка “Инверсия линии инициализации”.

Примечание: Информация о системе управления приводами в паспорте станка.

**Флаг ОБРАБОТКА СОБЫТИЙ:**

При управлении без использования RTX-таймеров данный флаг рекомендуется устанавливать. Однако равномерность работы привода в данном случае не гарантируется. Не влияет на точность.

**Флаг ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДРАЙВЕР:**

При работе под ОС Windows 2000/XP данный флаг должен быть установлен.

Примечание: Драйвер поставляется совместно с данной программой.

**Флаг УПРАВЛЕНИЕ ПО RTX-ТАЙМЕРУ:**

При наличии установленного пакета RTX требуется установить данный флаг.

Примечание: Использование пакета RTX является рекомендуемым.

**Флаг ИСПОЛЬЗОВАТЬ ДЖОЙСТИК:**

При наличии джойстика требуется установить этот флаг. Данная настройка включает/выключает возможность управления приводами от джойстика в режиме ручного управления.

**Группа настроек ДИСКРЕТНОСТЬ ДАТЧИКОВ:**

Задается количество импульсов шагового двигателя на 1 мм. Значение по умолчанию для всех координат равно 200.

**Группа настроек ПАУЗА МЕЖДУ КАДРАМИ УП:**

Задержка паузы между кадрами при выполнении управляющей программы. По умолчанию выполнение без паузы. При отладке УП может потребоваться ввести данную паузу, для чего требуется сдвинуть движок вправо на 1–2 деления.

**Группа настроек ДЕЛИТЕЛЬ ЧАСТОТЫ:**

Настройка соотношения скоростей привода при выполнении одновременных перемещений (например, линейной интерполяции). Увеличив данное значение можно пропорционально увеличить скорость выполнения данных перемещений в процессе выполнения УП. Значение по умолчанию 1.

**Группа настроек ПРИОРИТЕТ ПРОЦЕССА:**

Настройка системного приоритета программы в случае, когда не используется пакет RTX. Значение по умолчанию Normal. При включенном флаге “Управление по RTX-таймеру” настройки приоритетов игнорируются.

**Группа настроек ПРИОРИТЕТ ПОТОКА УПРАВЛЕНИЯ:**

Настройка системного приоритета потока управления программой в случае, когда не используется пакет RTX. Значение по умолчанию Normal. При включенном флаге “Управление по RTX-таймеру” настройки приоритетов игнорируются.

**Группа настроек ТИП УСТРОЙСТВА:**

Выбор типа оборудования: ТОКАРНЫЙ, ФРЕЗЕРНЫЙ. После изменения типа оборудования требуется перезапустить программу, о чем система сообщит.

**Группа настроек ПРИВОД ПОДАЧ:**

Импульс (мкс) – минимальная ширина импульса для шагового двигателя привода подач.

Макс. Скорость (мм/мин) – максимальная скорость мм в минуты для приводов подач.

**Группа настроек УПРАВЛЯЮЩИЕ БИТЫ:**

Данная группа является настройкой управляющих линий приводов станка. При неверных данных, установленных в этой группе привода могут не функционировать.

X (Y, Z) step – Номер бита порта и номер порта для импульса шара двигателя.

X (Y, Z) dir – Номер бита порта и номер порта для линии направления вращения двигателя.

X (Y, Z) power – Номер бита порта и номер порта для линии питания двигателя.

Биты нумеруются с 0 до 7. Порты с 0x378 по 0x37A (шестнадцатеричная форма).

**ПРИМЕЧАНИЕ:** Данные по управляющим линиям смотреть в паспорте станка.

Вкладка ПУТИ (рис. 32).

#### **Группа настроек ВНЕШНИЙ РЕДАКТОР:**

Путь до произвольного текстового редактора. По умолчанию Notepad.exe. Выбор можно произвести, нажав кнопку “Выбрать”.

Вкладка ДОПОЛНИТЕЛЬНО (рис. 33)

#### **Группа настроек КОРРЕКЦИЯ ЛЮФТА:**

В случае наличия люфта у приводов станка его можно скорректировать. Значение люфта по каждой координате вводится как число импульсов шагового двигателя. Для включения коррекции необходимо установить флаг “Включить коррекцию люфта”.

#### **Группа настроек КОРРЕКЦИЯ ПОТЕРИ ИМПУЛЬСОВ:**

В случае постоянной потери известного количества импульсов на любое перемещение какого-либо из приводов можно скорректировать эту потерю. Значение потери заносится как число импульсов потери шагового двигателя. Для включения коррекции необходимо установить флаг “Включить коррекцию”.

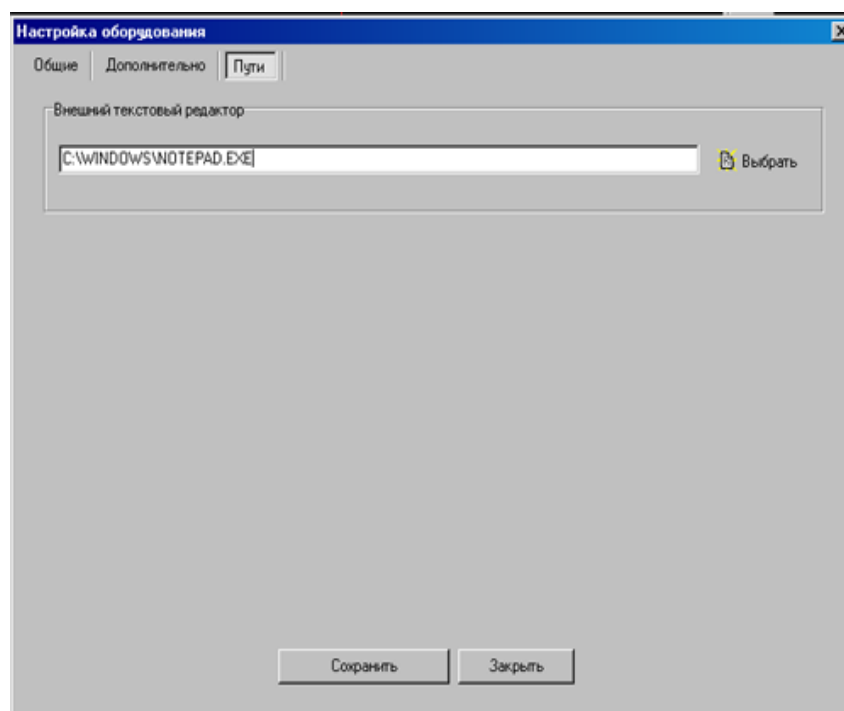


Рис. 32. Вкладка “Пути”

#### **Группа настроек РАЗГОН**

Настройка параметров разгона двигателя. График разгона представляет собой прямую линию (рис. 34).

Для включения функции разгона необходимо установить флаг “Включить разгон”.

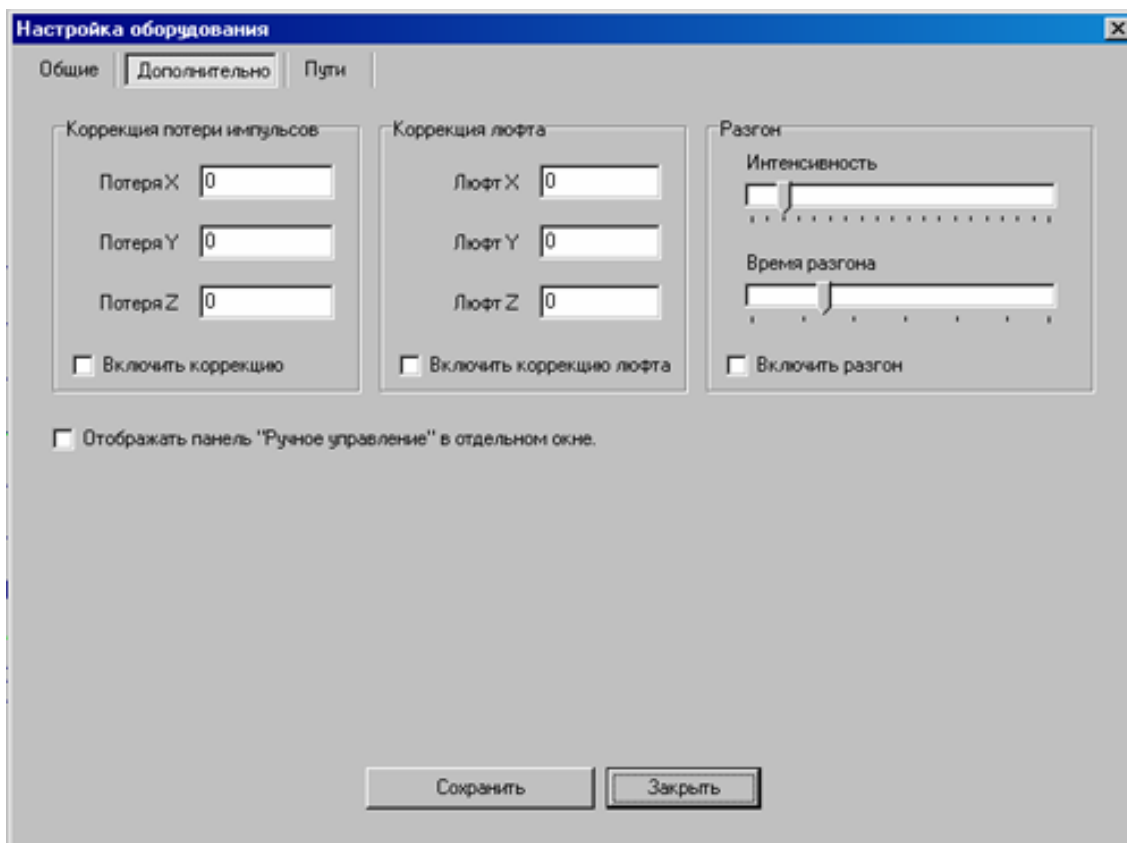


Рис. 33. Вкладка “Дополнительно”



Рис. 34. Схема разгона двигателя

**Флаг – Отображать панель “Ручное управление” в отдельном окне**

Если флаг установлен, то панель “Ручное управление” выводится в отдельном окне. Если не установлен, то выводится на панель управления программы вместо окна текста программы (См. Ручное управление).

**МЕНЮ ФРЕЗЕРНЫЙ СТАНОК** (рис. 35)

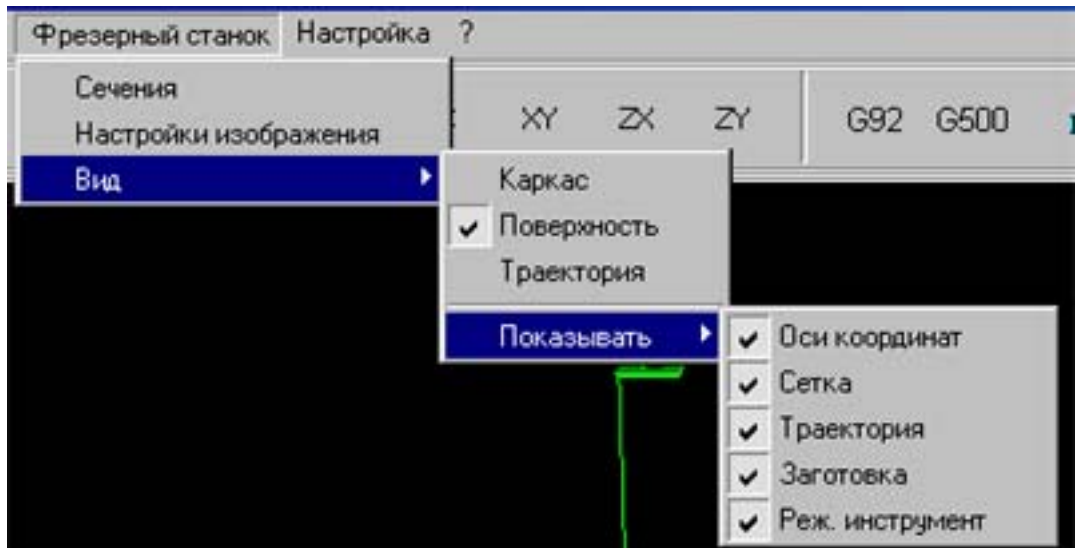


Рис. 35. Меню “Фрезерный станок”

## СЕЧЕНИЯ

Вызов диалога отображения сечений заготовки в разных плоскостях показан на рис. 36. Щелкнув мышью по сечению можно посмотреть его в разных плоскостях. При этом красная линия будет перемещена в выбранное вами сечение заготовки.

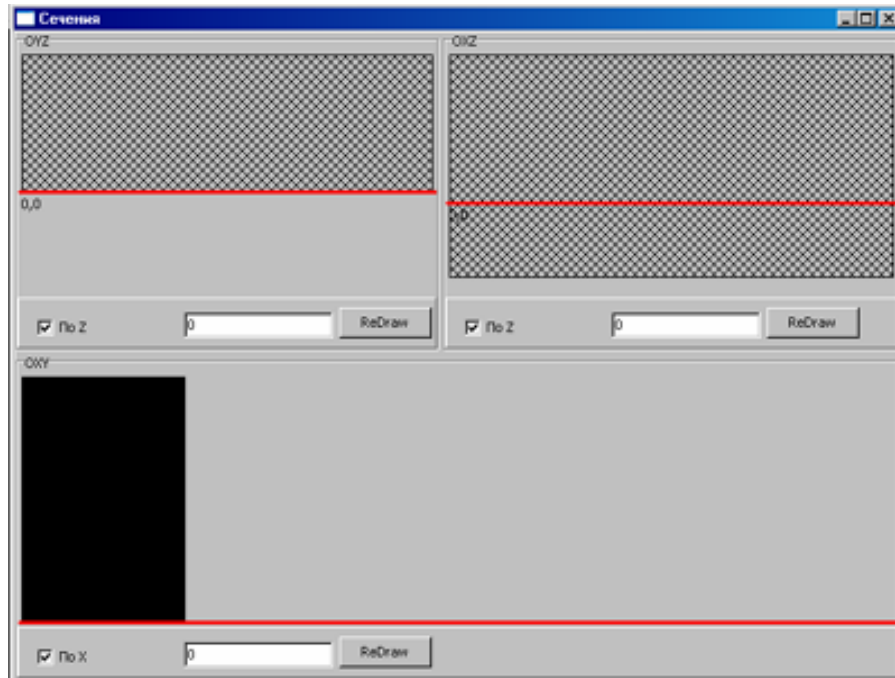


Рис. 36. Сечения заготовки

## НАСТРОЙКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Вкладка Общие (рис. 37).

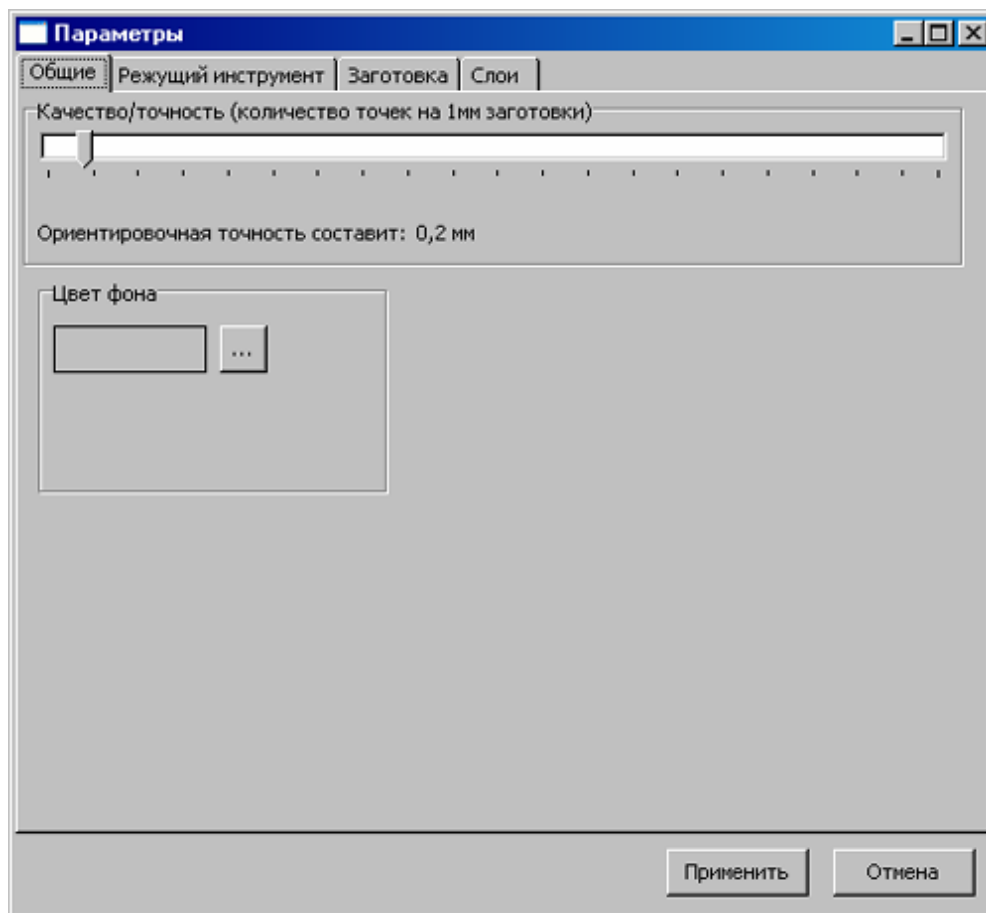


Рис. 37. Настройка имитатора фрезерного станка. Вкладка “Общие”

### **Настройка точности имитатора.**

Настраивается детализация имитатора обработки. Ориентировочная точность – значение размера одного элемента обрабатываемого тела. Чем меньше размер – тем точнее имитируется обработка, однако это в свою очередь увеличивает требования к мощности ПК. Рекомендуемое значение для процессоров, эквивалентной мощности Intel Celeron 2ГГц – 0.2 мм.

### **Цвет фона**

Выбор цвета фона изображения в имитаторе фрезерного станка.

Вкладка Режущий инструмент (рис. 38)



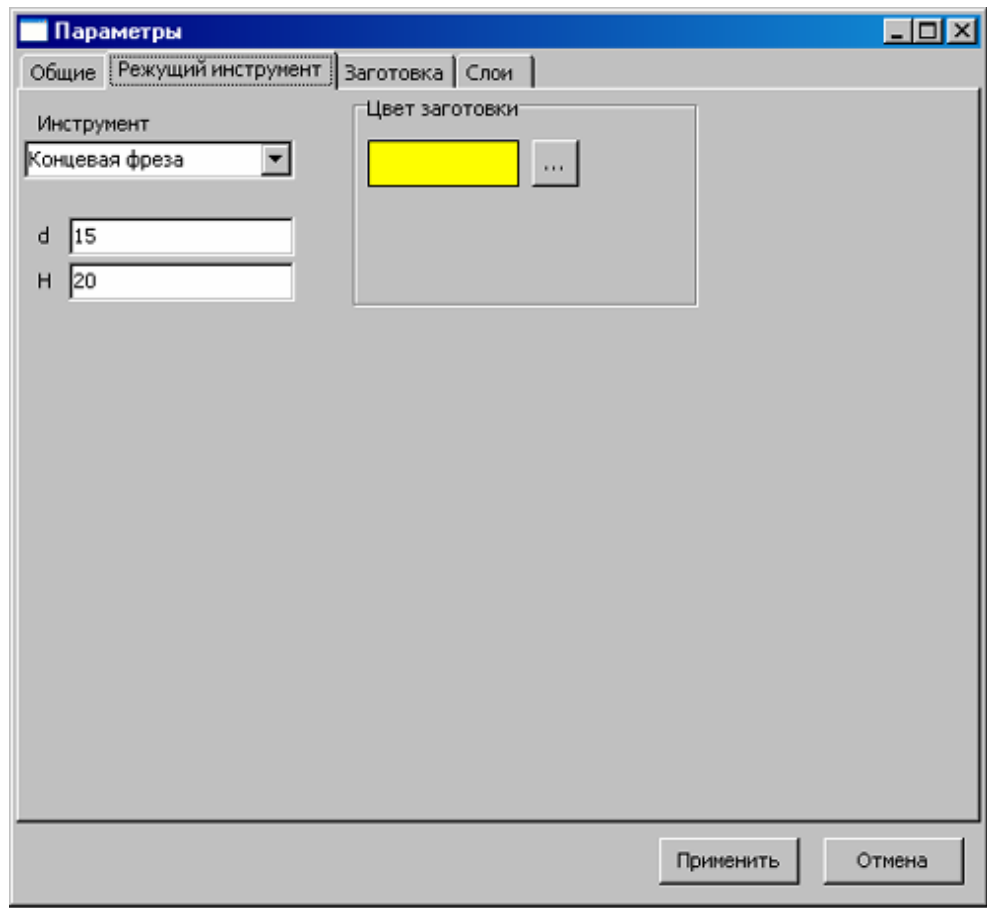


Рис. 38. Настройка параметров режущего инструмента

### **Инструмент**

Выбор типа инструмента: концевая фреза, торцовая фреза, дисковая фреза. Так же задаются параметры инструмента: диаметр  $d$ , длина фрезы –  $H$ .

### **Цвет режущего инструмента**

Выбор цвета режущего инструмента в имитаторе фрезерного станка.

### **Вкладка Заготовка (рис. 39)**

#### **Размеры заготовки**

Задание размеров заготовки по координатам  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Значения задаются в миллиметрах.

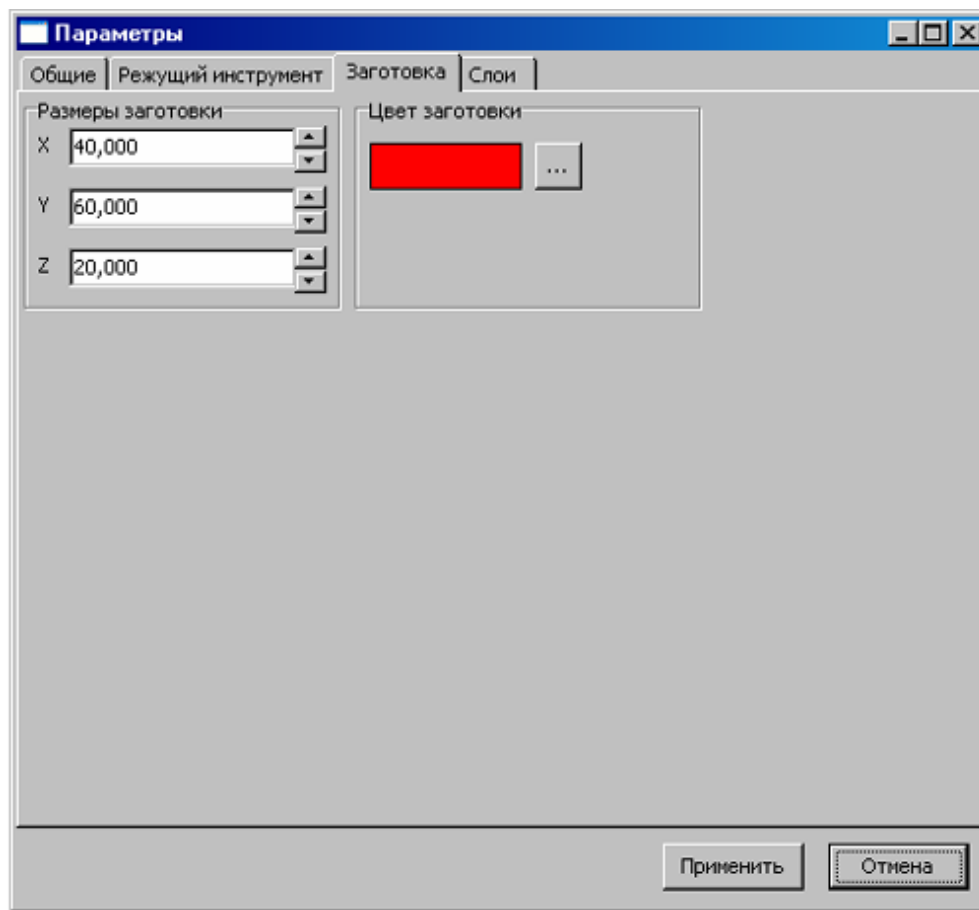


Рис. 39. Настройка параметров заготовки

### Цвет заготовки

Выбор цвета заготовки в имитаторе фрезерного станка.

Вкладка Слой (рис. 40)

В режиме изображения “Траектория” (см. Подменю Вид) размер заготовки по координате Z делится на 11 слоев. Каждый слой можно отображать отдельным цветом. При этом при отображении траектории соответствующим цветом будет выделяться часть траектории, проходящая через соответствующий слой.

Изменение цвета выполняется следующим образом:

1. Выберите слой с помощью движка “Слой”
2. Нажмите кнопку “...”
3. Выберите цвет.

Подменю **ВИД** (рис. 41)

Режимы отображения Имитатора фрезерного станка.

1. Каркас (каркасное изображения детали и режущего инструмента).
2. Поверхность (изображение с отображением поверхностей заготовки).
3. Траектория (только траектория режущего инструмента).
4. Показывать (подменю детализации изображения). Возможность включать/выключать следующие элементы изображения во всех режимах: Оси координат, Сетка, Траектория, Заготовка, Режущий инструмент.

Подменю “Показывать” так же можно вызвать нажатием на правую кнопку мыши, установив предварительно указатель мыши в область имитатора.

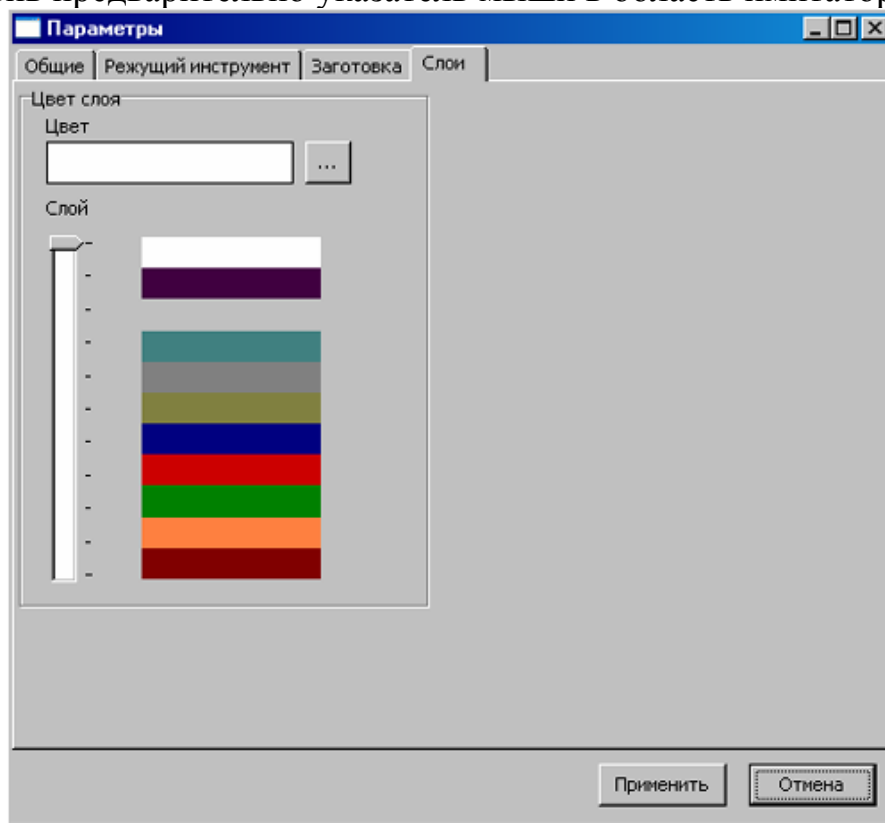


Рис. 40. Настройка цветов траектории в зависимости от глубины резания

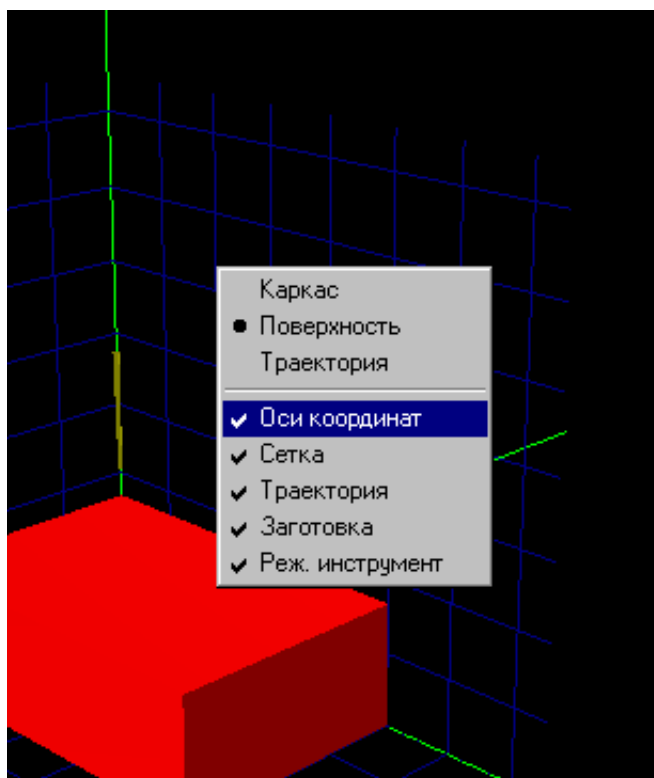



Рис. 41. Пример имитации заготовки

## FAQ

### Как задать Ноль станка?

Вывести инструмент в точку, которая будет принята за ноль станка, и нажать кнопку  на панели управления. Счетчики координат сбрасываются. Последующие команды выхода в Ноль станка будут выводить суппорт в эту точку.



### Как привести изображение Имитатора в соответствие обработке на станке в режиме СТАНОК?

1. Выведите на станке инструмент в позицию, которая будет принята за Ноль станка.
2. Переключитесь в режим ИМИТАТОР
3. Выведите инструмент на имитаторе в позицию, которая будет принята за Ноль станка.
4. Переключитесь в режим СТАНОК
5. Нажмите кнопку “Определить ноль станка”
6. Запустите УП

### Как включить Ручной режим?

Нажать кнопку  на панели управления. Или Ctrl+R на клавиатуре.

### Как запустить Управляющую программу?

Открыть диалог загрузки программы, нажав кнопку  на панели управления. Выбрать файл УП. Нажать кнопку “Загрузить”. Текст УП будет загружен в окно “Программа на панели управления”. Вывести суппорт в Ноль станка. Нажать кнопку  на панели управления. Для пошагового выполнения установить флаг “Пошаговый режим” на панели управления.

### Как изменить тип станка?

Открыть диалог “Настройка оборудования” и на вкладке “Общие” выбрать тип станка Токарный или Фрезерный. Нажать кнопку “Сохранить” и перезапустить программу.

### Как остановить выполнение УП или отдельной команды?

Нажать кнопку “СТОП”. При этом значения скорости суппорта и скорости главного движения будут установлены в 0.

### Как включить работу с реальным станком?

Через меню “Команды -> Станок”

### Переключился в режим СТАНОК, но привода не двигаются

Требуется проверить следующие моменты:

1. Установлена ли скорость перемещения суппорта F?
2. Подключен ли станок к LPT порту ПК.
3. Правильно ли установлены управляющие линии для данного станка (см. “Паспорт” к станку и диалог “Настройки оборудования”).
4. Установлена ли максимальная скорость суппорта не равная 0 в диалоге “Настройка оборудования”.
5. Задана ли минимальная ширина импульса (см. “Паспорт” к станку и диалог “Настройки оборудования”).

### Как самостоятельно настроить минимальную ширину управляющих импульсов шагового привода

1. Установите значение Максимальной скорости равным 300 (диалог “Настройка оборудования”).
2. Установите значение “Импульс” равным 2500 (диалог “Настройка оборудования”).
3. Нажмите кнопку “Сохранить”
4. Переключитесь в режим СТАНОК.
5. Вызовите диалог “Ручное управление”.
6. Установите скорость суппорта на максимальное значение.
7. Нажмите кнопку перемещения какой-либо из осей в любом направлении.
8. Если привод работает равномерно, уменьшите значение “Импульс” в диалоге “Настройка оборудования” на 100 и повторите пункты 5,6,7.
9. Пункт 8 повторить до момента достижения максимальной скорости перемещения при равномерной работе двигателя.

## 5. РУКОВОДСТВО ПО ПРОГРАММИРОВАНИЮ

Управляющая программа (УП) обработки детали состоит из последовательности кадров.

Формат кадра (по ГОСТ 20999–76) [6–10]:

N04. G02. X+053. Z+053. R+053. I+053. J+053 K+053. F023  
F05 E034. S+04. T04. D02. M02. P08. Q08. H04. L04.

Формат дополнительных буквенных адресов:

A+053. B+053. C+053. U+053. V+053. W+053. Y+053. O08

Назначение буквенных адресов:

N – номер кадра;

G – подготовительная функция, постоянный цикл;

X, Z – геометрические данные по осям X и Z в абсолютных величинах или в приращениях;

U, W – геометрические данные по осям X и Z в приращениях;

R – радиус дуги;

I, K – координаты центра окружности; геометрические данные по осям X, Z; программирование может осуществляться на радиус и на диаметр;

S – частота вращения шпинделя, скорость резания;

H – количество повторов управляющей программы;

T – функция инструмента, N инструмента, N корректора;

D – номер корректора;

M – вспомогательная функция;

L – вызов управляющей программы(подпрограммы);

P, Q – номер первого и последнего кадра некоторой части УП;

F, E – функция подачи; шаг резьбы;

A, B, C, J, V, Y, O – дополнительные параметры циклов и управляющих программ.

В одном кадре можно записать:

F, E – значение подачи (шага резьбы);

любое количество G – функций из группы настроечных;

функцию T или функцию D;

до шести M – функций, выполняемых до перемещения;

S – функцию;

одну G – функцию из группы основных (с учетом модальности);

до четырех M – функций, выполняемых после движения;

L – функцию (вызов подпрограммы) и после нее любые буквенные адреса в качестве параметров. L – функция делит кадр на две части: все буквенные адреса, записанные, в кадре после адреса L рассматриваются как параметры.

Исключение – адрес H, который в любом месте кадра рассматривается, как число повторений подпрограммы.

Выполнение функций в кадрах УП производится именно в указанном порядке, хотя записаны они могут быть в произвольном порядке.

Подготовительные функции G и постоянные циклы разбиты на две группы. (табл. 1).

В первую группу входят настроечные G – функции, не требующие буквенных адресов в качестве параметров; во вторую – основные G – функции, требующие буквенных адресов в качестве параметров, в том числе, постоянные циклы.

Функции G, помеченные "\*" в графе "модальность", сохраняют свое значение до отмены их другой модальной G – функцией. Функция G00 является стартовой: она активизируется при включении УЧПУ.

Подготовительные функции G, в том числе циклы, имеют, как правило, параметры, задаваемые или в кадре УП с помощью буквенных адресов, или в режиме ввода параметров станка и УЧПУ.

В обоих случаях, например, для задания направлений аварийного сбегания для внешних и внутренних резьб в одной и той же УП, значение параметра желательно изменить, оперативно в процессе выполнения УП.

M-функции делятся на две группы. В первую входят M-функции, выполняемые до перемещения, заданного в кадре, во вторую – после перемещения.

В таблице вспомогательных функций (табл. 2), которые должны быть запрограммированы в электроавтоматике, в столбце 1 – код вспомогательной функции, в столбце 2 – назначение вспомогательной функции, 3 – функция начинает действовать до начала перемещения, 4 – функция начинает действовать после выполнения перемещения, 5 – функция действует до отмены другой функции, 6 – функция действует только в одном кадре.

Под адресом L в кадре можно указать вызов управляющей программы, для этого предусмотрено до четырех цифр.

Номера с 900 по 999 зарезервированы под постоянные, внешние по отношению к УП, подпрограммы. Номера с 1000 указывают на внутреннюю подпрограмму, хранящуюся и редактируемую как часть УП. В последнем случае, номер указывает номер кадра, с которого начинается подпрограмма. Заканчивается подпрограмма кодом M17. Число вложений подпрограмм не более трех.

Таблица 1

Подготовительные функции

Код функции	Описание	Группа	Модальность
G00	Позиционирование	осн	*
G01	Линейная интерполяция	осн	*
G02 G03	Круговая интерполяция по часовой стрелке и против	осн	*
G04	Выдержка времени	осн	
G25	Установка зоны запрета перемещений	осн	
G26	Отмена зоны запрета перемещений	осн	
G27	Однопроходный продольный цикл	осн	*
G28	Однопроходный цикл продольного резбонарезания	осн	*
G29	Однопроходный поперечный цикл	осн	*
G33	Нарезание резьбы с постоянным шагом	осн	*
G39	Однопроходный цикл поперечного резбонарезания	осн	*
G37	Выход в фиксированную точку	осн	
G38	Возврат из фиксированной точки	осн	
G53	Отмена линейного сдвига	настр	
G56	Линейный сдвиг	осн	
G60	Однопроходный чистовой цикл	осн	
G61	Многопроходный черновой продольный цикл	осн	
G62	Многопроходный черновой поперечный цикл	осн	
G65	Цикл нарезания канавок цилиндрических	осн	
G66	Многопроходный черновой цикл продольного резбонарезания	осн	
G67	Многопроходный черновой цикл поперечного резбонарезания	осн	
G68	Многопроходный черновой копировальный цикл	осн	
G69	Цикл нарезания торцовых канавок	осн	
G83	Цикл глубокого сверления	осн	
G84	Цикл нарезания резьбы метчиком или плашкой	осн	
G90	Абсолютный размер	настр	

G91	Размер в приращениях	настр	
G92	Установка абсолютных накопителей положения	осн	
G94	Подача в мм/мин	настр	
G95	Подача в 1/мин	настр	
G96	Постоянная скорость в м/мин	настр	
G97	Отмена постоянной скорости резания	настр	

Таблица 2

Вспомогательные функции

1	2	3	4	5	6
M00	Программируемый останов	–	+	–	+
M01	Останов с подтверждением	–	+	–	+
M02	Конец программы	–	+	–	+
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	+	–	+	–
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	+	–	+	–
M05	Останов шпинделя	–	+	+	–
M06	Смена инструмента	+	–	–	+
M08	Включение охлаждения	+	–	+	–
M09	Отключение охлаждения	–	+	+	–
M12	Реверс главного привода	+	–	+	–
M17	Конец управляющей программы	–	+	–	+
M19	Ориентированный останов шпинделя	+	–	–	+
M30	Конец УП с возвратом в начало	–	+	–	+

Все адреса (кроме N), записанные в кадре после адреса L, рассматриваются как параметры подпрограммы (параметрическое программирование), упаковываются в буфер и передаются подпрограмме.

Пример.

**N80 1.1230 A12.3 B72.** – вызов подпрограммы.

Подпрограмма:

N1230 #101 = #1 + #2 – #101 будет равно 84.300;

N1235 #103 = #2 – #1 – #102 будет равно 59.700;

N1240 G00 X #101

N1250 G01 X #102 M17

**Функции подачи F, E**

Формат адреса F при минутной подаче (G94) есть F05 при дискретности 1 мм/мин.

Разрешается задание минутной подачи с точкой, причем, позиция точки соответствует м/мин.

Пример. Подачу 5 м/мин можно задать, как F200 или как F.2.



Вызов на дисплей – всегда с точкой.

Формат адреса F при оборотной подаче (95) есть F023 при дискретности 1 мм/об. Точка соответствует мм/об.

Пример. F.3 задает подачу 0,3 мм/об, а F1.215 – 1,215 мм/об.

На рис. 42–44 показано положение осей координат станка. Ноль системы координат станка определяет в данном случае оператор (наладчик), устанавливая положение плавающего нуля, от которого обеспечивается связь с нулем системы координат детали. Ноль системы координат детали назначает технолог, исходя из схемы размерного анализа. Относительно этого нуля и пишется управляющая программа для обработки данной детали.

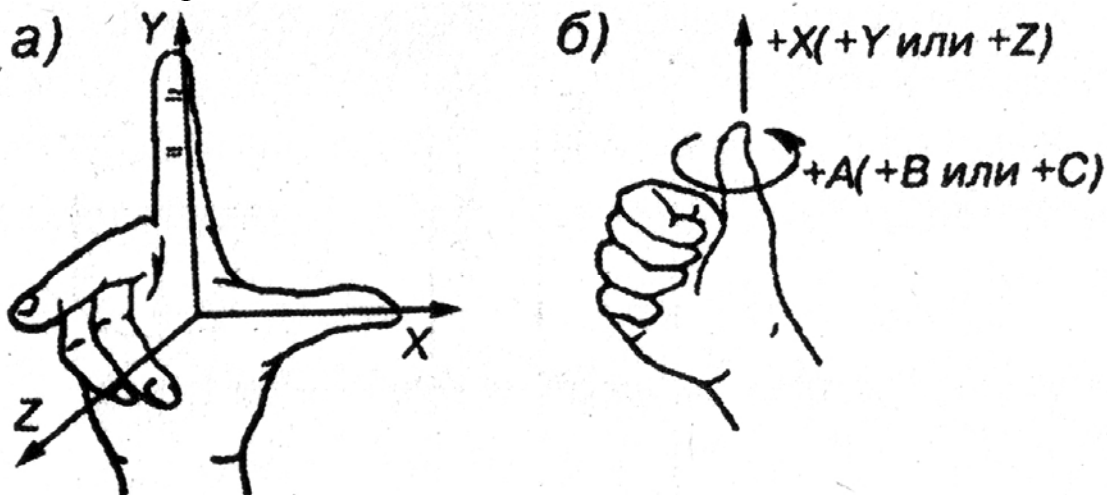


Рис. 42. Правило правой руки:

- а) положительные направления осей координат,
- б) положительные направления вращений (поворотов)

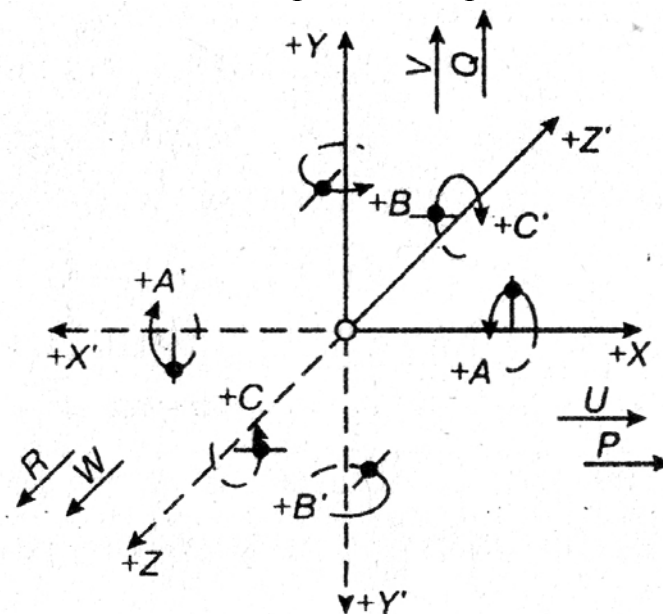


Рис. 43. Система координат

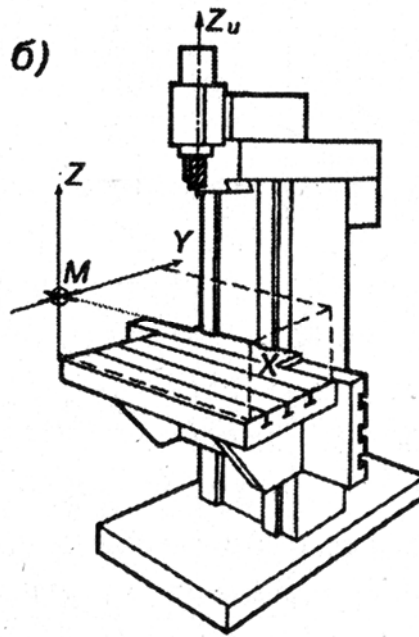


Рис. 44. Система координат

### Инструкция по использованию G-функций в управляющей программе

Инструкция описывает правила задания систем координат станка и детали, а также особых точек в этих системах координат [20–23]: учет в УП реальных условий обработки; состав G-функций, их назначение; состав буквенных параметров и параметров УЧПУ, необходимых для корректной отработки G-функций; геометрию отработки G-функций.

В табл. 3 показаны адреса, используемые при программировании.

Таблица 3

Функции программирования

Адресная буква	Назначение
N	Порядковый номер кадра
G	Технологическая (подготовительная) команда задания режима операции (линейная, круговая интерполяция и т.д.)
X, Y, Z	Значения координат
I, J, K	Координаты центра дуги окружности
F	Скорость подачи
S	Частота вращения шпинделя
T	Номер корректора инструмента
M	Вспомогательная команда
R	Радиус дуги окружности
P	Длительность паузы, номер подпрограммы, номер фиксированной точки, параметр команды
Q	Параметр команды

Система координат станка определяется местоположением начала координат станка – нулевой точки станка. В данном случае применена система плавающего нуля станка, т.е. любое положение крестового стола относительно инструмента может быть принято за нулевое.

УЧПУ ориентирована на правую систему координат (ГОСТ 20999–83), при которой взгляд наблюдателя (оператора станка, технолога-программиста УП) со стороны положительного направления оси Y на квадранты плоскости XZ видит отработку функции круговой интерполяции G02 "по часовой стрелке".

Может быть, при необходимости, осуществлена программная установка новой системы координат (детали), установка новой системы координат (детали) параметрическим образом; установка данных инструмента, установка необходимых технологических команд и линейного сдвига.

Установка новой системы координат детали осуществляется функцией:

$$G92 \left| \begin{array}{c|c} X & Z \\ \hline U & W \end{array} \right|,$$

где X, Z – координаты Ф.Т.Н1 в системе координат детали, т.е. относительно начала системы координат детали – нуля детали (Н.Д.);

U, W – составляющие вектора, проведенного из Н.Д. в Н.С.

#### **Формат кадра в программе STEPPER CNC**

Каждый отдельный кадр Управляющей программы должен соответствовать формату:

#### **[Номер кадра] [Команда] [Параметры команды]**

В одном кадре не должно быть одновременно M и G функций, параметрами к которым идут одинаковые параметры. Т.е. если M функция имеет параметр X Y Z, то в этой же строке не должно быть G функции с параметрами X Y Z.

Составляющие кадра отделяются друг от друга ОДНИМ пробелом.

Строка, начинающаяся с символа; считается комментарием.

Например:

; Включение шпинделя

N100 S1000 M03

Параметры и их значения не разделяются пробелами. Например: X-100.6

#### **Задание значений координат и параметров**

Если значение координаты или радиуса задано с десятичной точкой, то значение принимается заданным в миллиметрах.

Если значение задано без десятичной точки, то значение принимается заданным в дискретах.

Пример: X100 – 100 дискрет

X100. – 100 миллиметров

#### Параметрическое задание значений

Задание значения из параметра: X#200n

Y#210n

Z#220n

Задание значение из переменной: XEn

YEn

ZEn

Задать значение параметра можно следующим образом:

Пример: N10 #2005 = @35.5 – Значение 35.5

N10 #2005 = E10 – Из переменной E10

### **Скорость суппорта и шпинделя**

Скорость суппорта – Fn (мм/мин)

Скорость суппорта в миллиметрах на 1 оборот шпинделя – En

Скорость шпинделя – Sn (об/мин)

### **Параметры инструмента**

Установка значений вылетов инструмента: N01 Tn

Значения вылетов суммируются с текущей координатой.

### **Формат файла УП**

Файл управляющей программы представляет собой обычный текстовый файл с расширением .PRG

Каждая отдельная строка файла должна содержать кадр программы или строку комментария, первым символом которой должен быть символ “;” .

Пустые строки игнорируются при загрузке файла.

### **СПИСОК ФУНКЦИЙ**

**M02** – Остановка выполнения программы

Пример: N01 M02

**M03** – Включение шпинделя против часовой стрелки

Пример: N01 S1000 M03 – включение шпинделя на частоту 1000 об/мин.

**M04** – Включение шпинделя по часовой стрелке

Пример: N01 S1000 M04 – включение шпинделя на частоту 1000 об/мин.

**M05** – Останов шпинделя

Пример: N01 M05

**M10 Pn** – Зажим детали на фрезерном станке. Где n – время зажима в секундах.

Пример: M10 P10

**M11 Pn** – Разжим детали на фрезерном станке. Где n – время зажима в секундах.

Пример: M11 P10

**M100** – Установка координат фиксированной точки.

Фиксированные точки используются для отвода в них стола с заготовкой, например, для замера детали или смены заготовки.

Пример: N01 M100 Xn Yn Zn P10 – Установка фиксированной точки Номер 10 с координатами Xn Yn Zn. Допустимо задание значение параметров X, Y и Z из переменных E.

Пример: N10 M100 XE11 P4 – Установка значения фиксированной точки по координате X равному значению переменной E11.

Допустимо задание значение параметров X, Y и Z из параметров 200n, 210n, 220n.

Пример: N10 M102 X#2005 P4 – Установка значения фиксированной точки по координате X равному значению параметра 2005.

**M101** – Установка значения переменной E

Пример: N01 M101 @\_число\_ En – Запись значения \_число\_ в переменную En.

**M102** – Установка значений вылетов инструмента

Пример: N01 M102 Xn Yn Zn P\_инструмент\_ – Установка значений вылетов Xn Yn Zn для корректора инструмента с номером \_инструмент\_. Допустимо задание значение параметров X, Y и Z из переменных E.

Пример: N10 M102 XE11 P4 – Установка вылета по координате X равному значению переменной E11.

Допустимо задание значение параметров X, Y и Z из параметров 200n, 210n, 220n.

Пример: N10 M102 X#2005 P4 – Установка вылета по координате X равному значению параметра 2005.

**M103** – Установка точности аппроксимирования дуги окружности

Пример: N01 M103 Cn – Разбиение дуги окружности на n отрезков.

В режиме СТАНОК Не рекомендуется ставить слишком большую точность – ограничения быстродействия привода подач.

**M200** – Сравнение параметра E с числом: Если  $E < @$  тогда *\_Действие\_*

Пример: N01 M200 En @\_число\_ G71 P100 – Сравнение переменной En с числом: Если  $E < @$  тогда выполнение функции G71 P100.

**M201** – Сравнение параметра E с числом: Если  $E > @$  тогда *\_Действие\_*

Пример: N01 M201 En @\_число\_ G71 P100 – Сравнение переменной En с числом: Если  $E > @$  тогда выполнение функции G71 P100.

**M202** – Сравнение параметра E с числом: Если  $E = @$  тогда *\_Действие\_*

Пример: N01 M202 En @\_число\_ G71 P100 – Сравнение переменной En с числом: Если  $E = @$  тогда выполнение функции G71 P100.

**M203** – Сравнение параметра E с числом: Если  $E \neq @$  тогда *\_Действие\_*

Пример: N01 M203 En @\_число\_ G71 P100 – Сравнение переменной En с числом: Если  $E \neq @$  тогда выполнение функции G71 P100.

ПРИМЕЧАНИЕ: *\_Действие\_* является G-функцией

**M300** – Сложение  $E = E + \text{Число}$

Пример: N01 M300 En @\_число\_ – Сложение переменной En с Числом и запись результата в переменную En.

**M301** – Вычитание  $E = E - \text{Число}$

Пример: N01 M301 En @\_число\_ – Вычитание из переменной En Числа и запись результата в переменную En.

**M302** – Умножение  $E = E * \text{Число}$

Пример: N01 M302 En @\_число\_ – Умножение переменной En на Число и запись результата в переменную En.

**M303** – Деление  $E = E / \text{Число}$

Пример: N01 M300 En @\_число\_ – Деление переменной En на Число и запись результата в переменную En.

**M305** – Сохранить переменные E в файл evariables.dat

**M306** – Загрузить переменные E из файла evariables.dat

**G00** – Позиционирование (холостое перемещение) в заданную точку на максимальной скорости

Пример: N01 G00 Xn Yn Zn

**G01** – Линейная интерполяция (рис. 45)

Пример: N01 G01 Xn Yn Zn

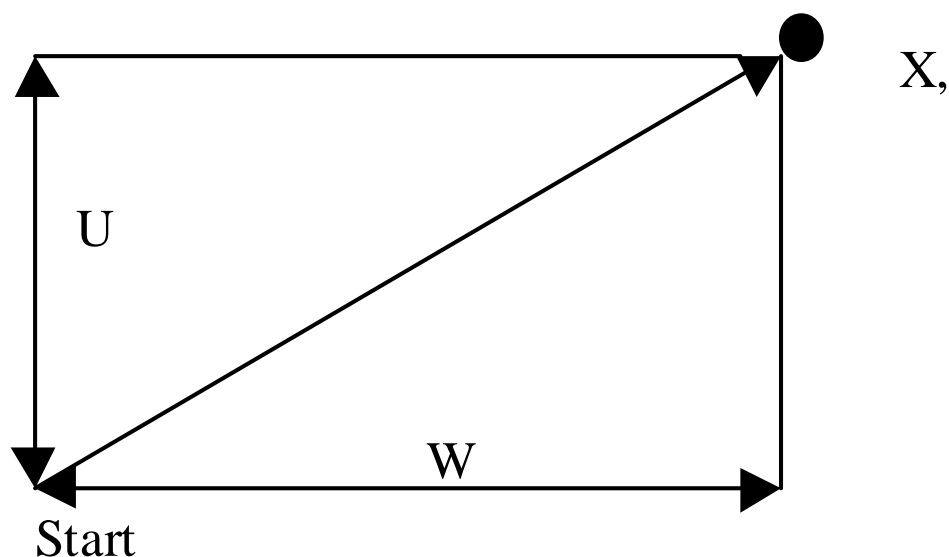


Рис. 45. Линейная интерполяция

**G02** – Круговая интерполяция (по часовой стрелке) (рис. 46).

Пример: N15 G02 U-10. V-10. I-10. K0. F150 – Дуга окружности, конечная точка которой находится со смещением U-10. V-10. от начальной точки, центр окружности находится со смещением I-10. K0. от начальной точки.

I – Относительное смещение центра окружности относительно начальной точки по координате X.

K – Относительное смещение центра окружности относительно начальной точки по координате Y (фрезерный станок) или Z.

Другой вариант задания дуги – с помощью радиуса дуги окружности.

Пример: N10 G02 X-40. Z-20. R50 F100

Проконтролировать дугу можно через файл Test.prg – в него пишется аппроксимирующая подпрограмма с использованием функции G01.

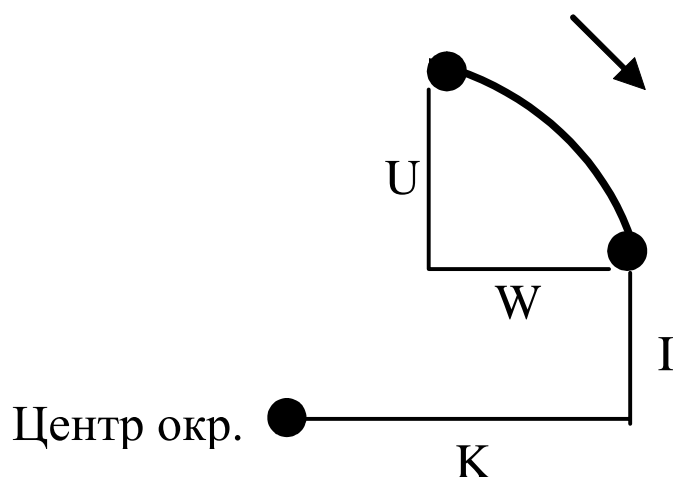


Рис. 46. Круговая интерполяция по часовой стрелке

P

**G03** – Круговая интерполяция (против часовой) (рис. 47)

**G04** – Пауза

Пример: N01 G04 P10 – Пауза 10 секунд.

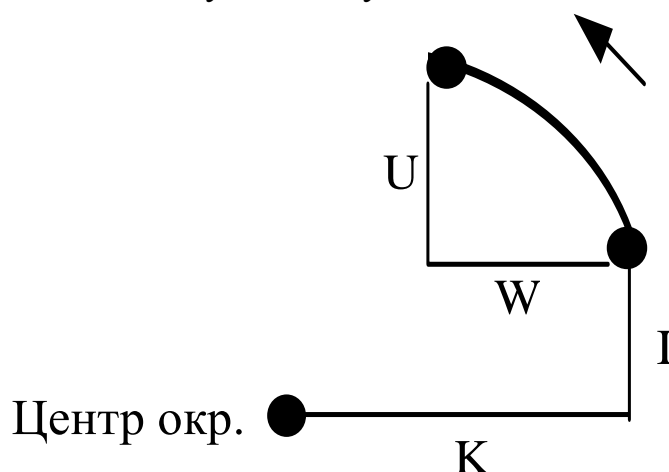


Рис. 47. Круговая интерполяция против часовой стрелки

**G25** – Включение контроля Зон запрета перемещений. Зоны должны быть определены через меню “Токарный станок -> Зоны запрета”.

**G26** – Отмена контроля зон запрета.

**G28** – Нарезание резьбы с одного прохода.

Пример: N01 G28 Z-30 E1 – Резьба с шагом 1 мм.

Перед запуском команды G28 ОБЯЗАТЕЛЬНО должно быть запущено главное движение. Параметром E задается скорость суппорта в мм/об – миллиметров на 1 оборот шпинделя.

**G37** – Выход в фиксированную точку

Пример: N01 G37 Pn – Выход в точку, заданную параметром n. См. M100.

**G70** – Возврат из подпрограммы

Пример: N01 G70 – Последний кадр подпрограммы.

**G71** – Вызов подпрограммы

Пример: N01 G71 P200 – Вызов подпрограммы, которая начинается с кадра N200. Подпрограмма должна завершаться командой G70.

**G72** – Безусловный переход на заданный кадр

Пример: N01 G72 P150 – Переход к кадру N150.

**G92** – Задание смещения центра координатной системы

Пример: N01 G92 Xn Yn Zn

**G93** – Отмена смещения центра координатной системы

Пример: N01 G93

**G500** – Вывод на экран сообщения с указанным номером.

Выполнение УП прерывается. Система ожидает нажатия на кнопку ОК.

ПРИМЕР: N102 G500 P4 – вывод сообщения с номером 4.

Редактирование сообщений осуществляется через меню Настройка->Функция G500.

ПРИМЕР: N102 G500 Px En – вывод сообщения с номером x и значение переменной En.

ПРИМЕР: N102 G500 P1 #2xxx – вывод сообщения с номером 1 и значение параметра #2xxx.

### **Использование сплайновой интерполяции**

Следует отметить, что команды сплайновой интерполяции, хотя и записываются в виде нескольких кадров, выполняются как один кадр управляющей программы за один проход управляющей процедуры.

Последовательность команд на воспроизведение инструментом токарного станка траектории, заданной в виде В-сплайна, имеет следующий обобщенный формат:

N<номер>B1

N<номер>X<x<sub>1</sub>>Z<z<sub>1</sub>>

N<номер>X<x<sub>2</sub>>Z<z<sub>2</sub>>

...

N<номер>X<x<sub>n-1</sub>>Z<z<sub>n-1</sub>>

N<номер>X<x<sub>n</sub>>Z<z<sub>n</sub>>

N<номер>B2

В первом кадре последовательности присутствует ключевой символ В, обозначающее применение В-сплайна. После ключевого символа, идет цифра 1, сигнализирующая о том, что это начальный кадр последовательности.

После первого кадра следуют кадры, задающие контрольные точки В-сплайна. Первой контрольной точкой считается точка, в которой находится инструмент токарного станка перед началом обработки кадра.

В завершающем кадре после ключевого символа В следует цифра 2, указывающая, что данный кадр является заключительным.

При задании траектории в виде В-сплайна, кривая проходит только через начальную и конечную точки. Остальные контрольные точки оказывают влияние на форму кривой, но последняя через них не проходит. Это неудобно для задания



траектории вручную, однако контрольные точки В-сплайна обычно рассчитываются автоматически с помощью систем автоматизированного проектирования.

Пример программы для ЧПУ фрезерного станка, использующей сплайновую интерполяцию:

```
N1 F100  
N5 B1  
N10 X-10. Y-25. Z20.  
N15 X-20. Y-38.5 Z30.  
N15 X-40. Y-18.5 Z10.  
N20 B2  
N25 M02
```

Вместо указателей координат X, Y, и Z можно использовать U, V, W.

Как видно из примера, он не сильно отличается от набора команд для токарного станка, всего лишь добавлена третья координата.

Результат работы программы выглядит следующим образом (рис. 48):

Белой кривой отмечена траектория инструмента. Как видно из последовательности кадров, в данном случае задана замкнутая траектория. Однако, если перед выполнением последовательности не выйти в точку (0,0,0), траектория не будет замкнутой, т.е. точка, в которой находится инструмент, перед началом отработки последовательности кадров задающих сплайн, является первой контрольной точкой.

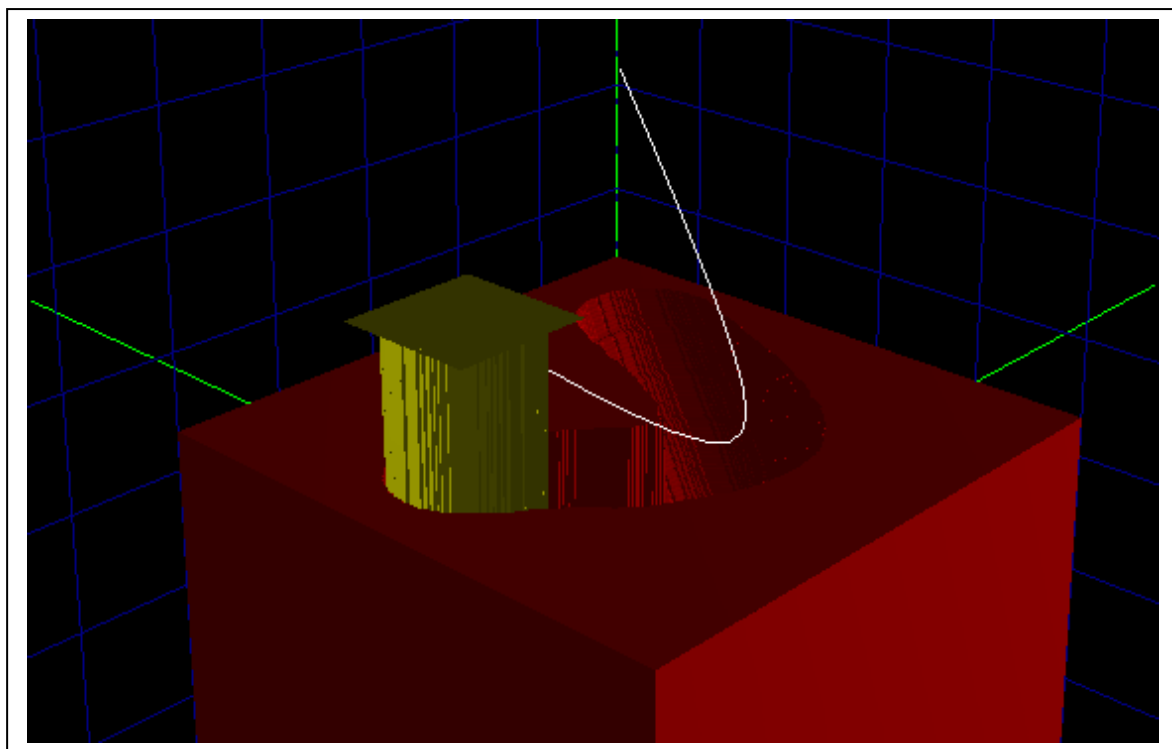


Рис. 48. Пример реализации управляющей программы

## ПРИМЕРЫ ПРОГРАММ

Примеры программ находятся в каталоге Examples.

Настройки имитатора:

Режущий инструмент – концевая фреза  $d = 1$  мм,  $L = 20$  мм. Размер заготовки – 40x60x20 мм. Перед запуском программы выведите фрезу на середину заготовки по осям XY и коснитесь фрезой верхней поверхности заготовки. Определите ноль станка. Для ускоренного выполнения программ установите флаг “Ускоренное” на панели управления.

Пример 1:

```
; Включаем шпиндель на 1000 об/мин  
N01 S1000 M03  
; Выполняем какие-либо перемещения  
...  
; Останавливаем шпиндель  
N100 M05  
; Завершаем выполнение программы  
N200 M02
```

Пример 2: Линейная интерполяция (файл Example2.prg) (рис. 49)

```
; Включаем шпиндель на 1000 об/мин  
S1000 M03  
; Выполняем перемещения  
G01 Z-2. F100  
G01 X-10. Y-10. F200  
G01 X10.  
G01 Y10.  
G01 X-10.  
G01 X0. Y0.  
G00 Z0.  
; Останавливаем шпиндель  
M05  
; Завершаем выполнение программы  
M02
```

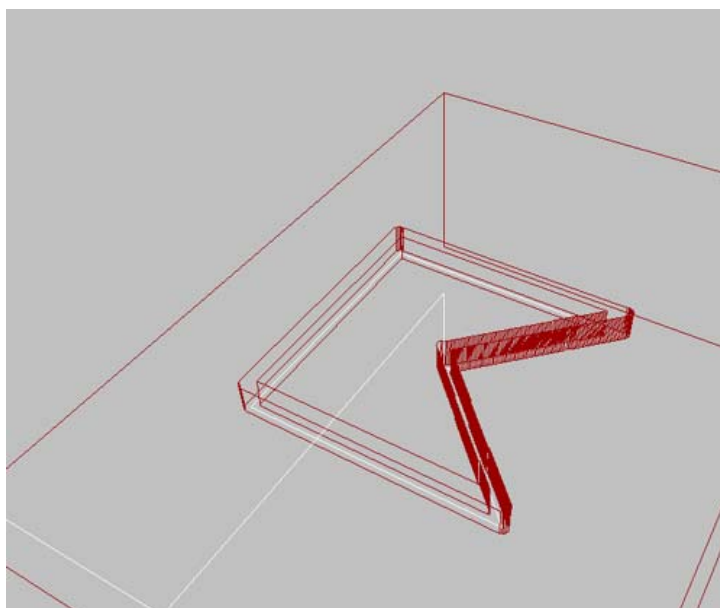


Рис. 49. Результат работы программы Пример 2

Пример 2: Круговая интерполяция. (файл Example3.prg) (рис. 50)

; Включаем шпиндель на 1000 об/мин

S1000 M03

G01 Z-3. F100

; Устанавливаем точность дуги

; равной 40 секторов

M103 C40

; Выполняем движение по дуге окружности

; в точку X-20. Y-30. по радиусу R30.

G02 X-20. Y-30. R30. F200

; Выполняем движение по дуге окружности

; в точку X0. Y0. по радиусу R30.

G02 X0. Y0. R30. F200

G00 Z0.

; Останавливаем шпиндель

M05

; Завершаем выполнение программы

M02

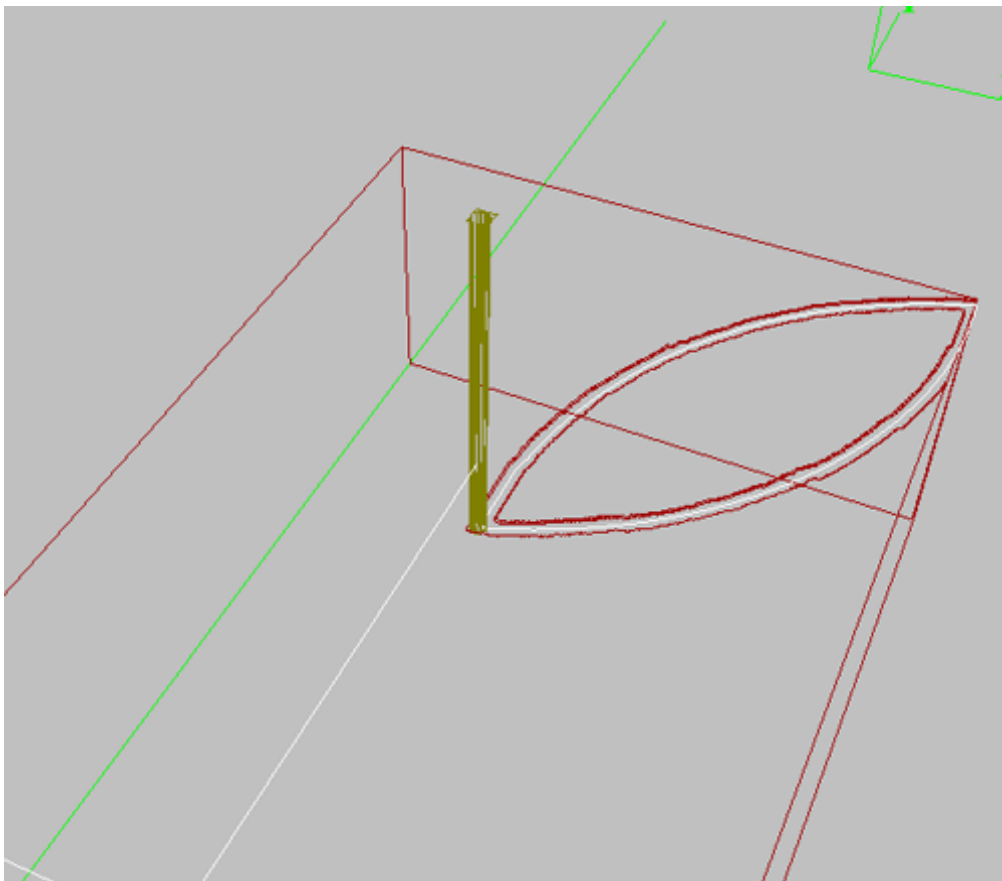


Рис. 50. Результат работы программы Пример 3

Пример работы УП, подготовленной с помощью системы автоматизированной подготовки программы в G-кодах. (файл Example.prg) (рис. 51, 52).

Настройки имитатора:

Режущий инструмент – концевая фреза  $d = 1$  мм,  $L = 20$  мм. Размер заготовки –  $40 \times 60 \times 20$  мм. Перед запуском программы выполните с командной строки команды: `G01 X-30. Y-40. F300` и `G01 Z-5. F300`. Определите ноль станка.

Для ускоренного выполнения программ установите флаг “Ускоренное” на панели управления.

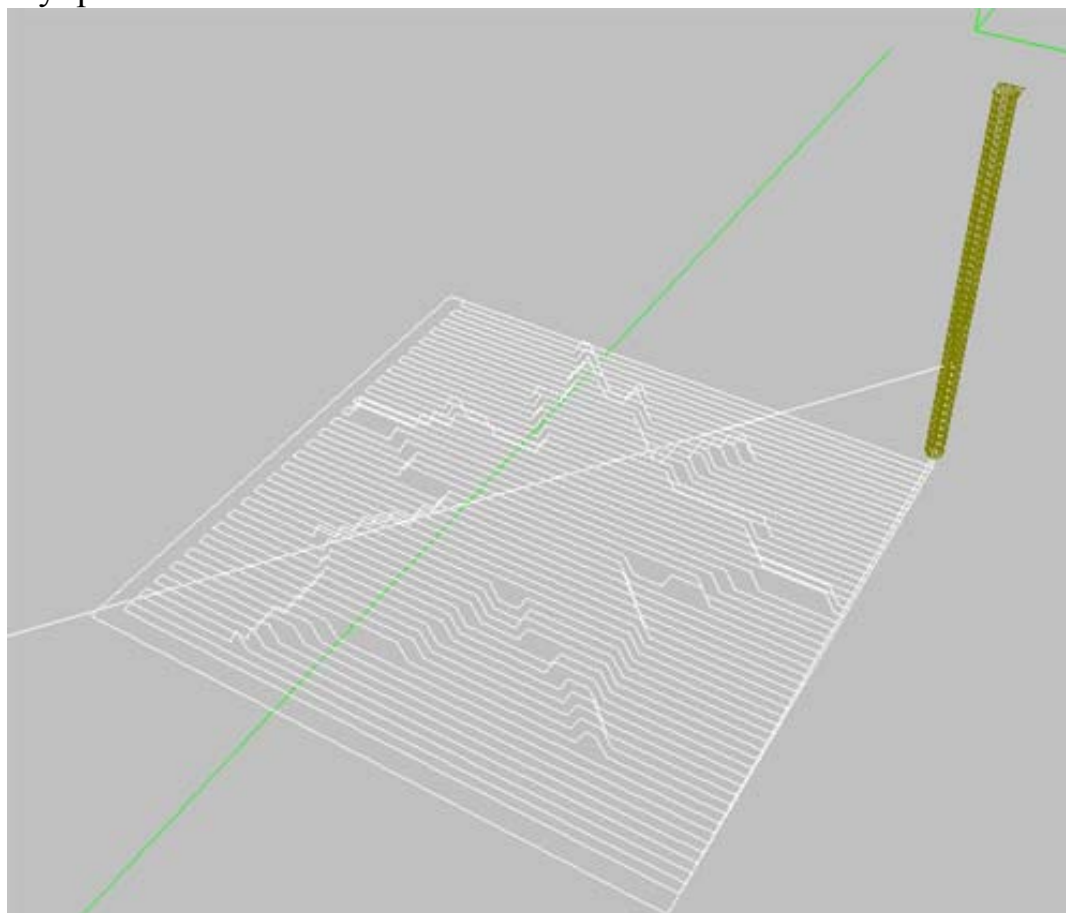


Рис. 51. Результат работы программы гравирования Example.prg (вид 1)

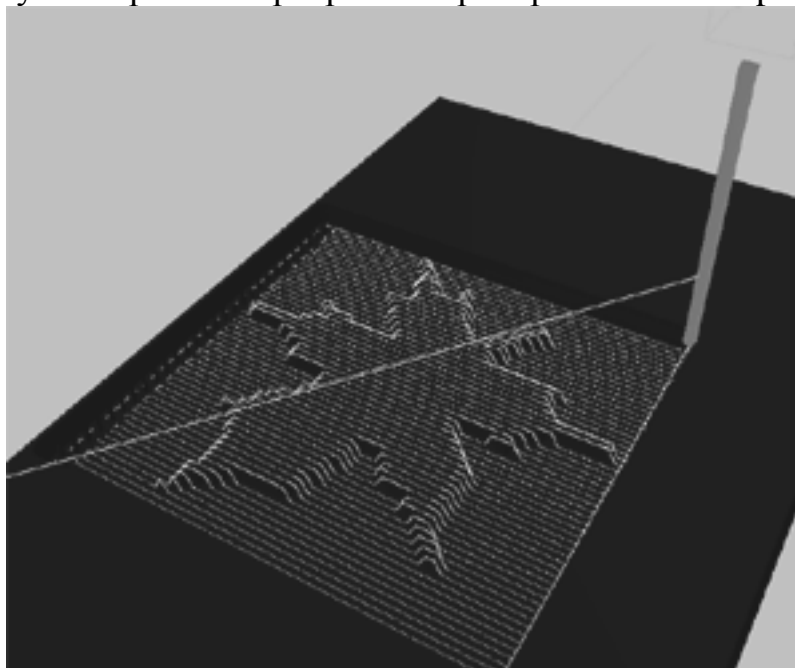


Рис. 52. Результат работы программы гравирования Example.prg (вид 2)

## 6. РАБОТА НА СТАНКЕ

### ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ!

#### ВНИМАНИЕ!

Использование станков оснащенных системой числового программного управления делает ваш труд легче и приятнее. Но не стоит забывать о возможных опасностях которые несет использование автоматизированного оборудования. Используя станки с ЧПУ нужно быть предельно внимательными и осторожными и всегда помнить что действуете вы всегда исключительно на свой страх и риск.

#### ВНИМАНИЕ!

При работе со станком, питание станка необходимо включать только после того, как будут написаны программы и встанет необходимость в запуске приводов. Для включения питания станка на время обработки, необходимо привести тумблер (находящийся на передней панели блока управления – в отсеке рядом с CD-ROM) в положение включено (вверх).

После работы станка необходимо незамедлительно отключить питание станка. Время непрерывной работы приводов станка (положение питание включено) **рекомендуется выбирать не более 10-25 минут** (во избежание перегрева и выхода из строя шаговых двигателей).

#### Ввод станка в эксплуатацию:

- 1) после распаковки станка из транспортной тары (деревянного ящика), необходимо выдержать оборудование 3-5 часов при комнатной температуре;
- 2) вытереть масло с корпуса станка при помощи бумажных или тряпичных салфеток;
- 3) визуально проверить целостность оборудования: отсутствие механических повреждений элементов приводов станка, шлейфов управления ШД, блока управления;
- 4) соединить станок с параллельным портом ЭВМ;
- 5) соединить шнур питания станка с компьютером. Для этого необходимо провод питания, идущий из разъема питания, соединить с разъемом питания, расположенным на задней стенке корпуса ЭВМ (надпись “ПИТАНИЕ СТАНКА”);
- 6) после сведения всех разъемов (разъема параллельного порта и питания м ЭВМ) необходимо при помощи отвертки с плоским шлицом затянуть винты на корпуса присоединительных разъемов;

7) подключить к ЭВМ монитор, манипулятор мышь, клавиатуру и кабеля питания (220 В).

8) станок имеет плавающий ноль, т.е. любое положение стола может быть принято за нулевое.

### **Запуск системы**

**Последовательность работы с поставляемыми станками является единой и обязательной к исполнению и использованию при работе с данным оборудованием. Не соблюдение этих правил может привести к неправильной работе или даже выходу оборудования из строя.**

#### **Для использования станка необходимо.**

1) Соединить все кабели:

– кабель параллельного порта (соединяется непосредственно с параллельным портом компьютера и блоком управления станка);

2) Соединить кабели выходящие от блока питания станка с соответствующим разъемом на блоке управления станка.

3) После соединения кабеля между ЭВМ и блоком управления станка необходимо, при помощи отвертки, прикрутить крепежные винты, расположенные на корпусах разъемов.

*Следует отметить, что при закручивании крепежных винтов разъемов следует затягивать их с небольшим усилием – исключая проворачивание ответной гайки.*

**При расстыковке кабелей особое внимания следует обратить на то, что провода необходимо отсоединять, держась и прилагая усилия непосредственно к корпусам разъемов.**

**Приложение усилий к кабелю, при расстыковке проводов, может привести к порче, разрывам и замыканиям, как в сигнальном кабеле, так и в силовом разьеме, что может привести к отказу в работе оборудования и даже выходу, как системы управления станка, так и блока ЭВМ из строя.**

4) Необходимо убедиться в том, что питания станка является выключенным. Т.е. индикатор питания на передней стенке корпуса блока питания **гореть не должен.**

4) Далее необходимо включить питание ЭВМ.

5) После загрузки операционной системы Windows 2000 или XP необходимо запустить программу управления станком.

6) При запуске программа управления автоматически переходит в режим работы с имитатором, в котором можно отлаживать программу и производить различные операции (см. “Руководство по станку”).

7) После подготовки и отладки программы следует:

а) включить питание станка (кнопка на блоке питания станка – “Питание СУ”);

б) перейти в режим “станок”.

в) Если требуется то подсветка в защитном кожухе включается путем нажатия на соответствующей клавиши на передней панели блока питания станка.

Следует отметить что питание шпинделя фрезерного станка включается той же клавишей, а так же кнопкой расположенной на самой фрезерной головке станка (рис. 53).



Рис. 53. Кнопка включения фрезерной головки, а также рукоятка изменения числа оборотов шпинделя

**После произведенных действий можно приступать к работе с оборудованием.**

8) После завершения работы на станке, необходимо выключить питание станка и произвести закрытие управляющей программы.

**Не соблюдение перечислены операций ведет может привести к некорректной работе системы управления станка.**

**Инсталляция** на установленную версию операционной системы программ использующих эмуляторы ключей, программ и оборудования дистанционного управления, антивирусов и т.п. может привести (в ряде случаев) к резкому замедлению работы ЭВМ и сбоям в программе управления двигателями.

## 7. СИСТЕМА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ДИАГНОСТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

Система предназначена для проверки выполнения условий допустимости назначенных в управляющей программе режимов резания по критериям качества обработки, возможностям инструмента и станка.

Рассмотрим возможные ограничения которыми могут быть ограничены режимы резания при обработке концевыми фрезами.

Режимами резания при фрезеровании являются глубина фрезерования, минутная подача, частота вращения инструмента. При фрезеровании кроме минутной подачи  $S_M$  мм/мин, различают подачу на зуб  $S_z$ , подачу на один оборот фрезы  $S$ , которые находятся в следующем соотношении:

$$S_M = S n = S_z z n \text{ мм/мин.},$$

где  $n$  – частота вращения фрезы,  $\text{мин}^{-1}$ ;

$z$  – число зубьев фрезы.

Значение подачи на зуб ограничивается следующими параметрами: жесткостью фрезы, прочностью зуба, размещаемостью стружки, прочностью механизма подач станка, выходной мощностью на шпинделе, шероховатость обрабатываемой поверхности, стойкостью инструмента

### **Подача, допустимая жесткостью фрезы**

Под действием силы  $P_x$  фреза изгибается на некоторую величину  $f$  (рис. 54).

Величина прогиба определяется по формуле:

$$f_o = \frac{P_x \ell_o^3 \mu}{AEJ_o}, \text{ мм},$$

где  $P_x$  – радиальная составляющая силы резания  $P$ , Н;

$\ell_o$  – вылет фрезы, мм;

$\mu$  – динамический коэффициент;

$A$  – коэффициент жесткости закрепления хвостовика;

$E$  – модуль упругости,  $\text{Н/мм}^2$ ;

$J_o$  – момент инерции сечения хвостовика,  $\text{мм}^4$

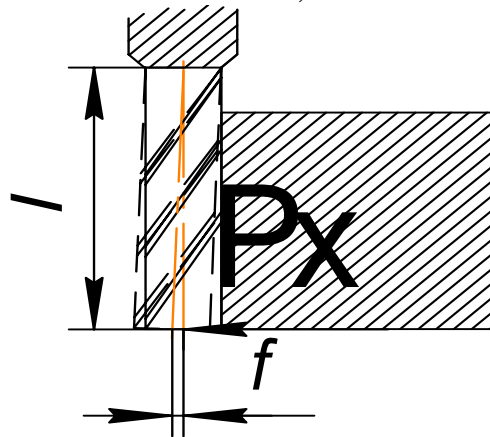


Рис. 54. Схема прогиба фрезы



Радиальная составляющая силы резания определяется в зависимости от окружной:

$$P_z = k P_x H,$$

где  $P_z$  – окружная сила резания, Н;  
 $k$  – эмпирический коэффициент.

Сила  $P_z$  определяется по следующей формуле [23]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp}, \text{ Н},$$

где  $C_p$  – эмпирический коэффициент;  
 $w, x, y, u, q$  – эмпирические показатели степени;  
 $t$  – глубина резания, мм;  
 $S_z$  – подача на зуб, мм;  
 $B$  – ширина фрезерования, мм;  
 $z$  – число зубьев;  
 $D$  – диаметр фрезы, мм;  
 $n$  – частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>;  
 $K_{mp}$  – поправочный коэффициент, зависящий от материала детали.

Момент инерции сечения хвостовика определяется по формуле:

$$J_o = \frac{\pi d^4}{64}, \text{ мм}^4,$$

где  $d$  – диаметр хвостовика, мм.

Задаваясь допустимым прогибом, получаем выражение для определения максимально допустимой подачи:

$$S_{z_{ж.фр.}} \leq \sqrt[3]{\frac{AEf_{доп} \pi d^4 D^q n^w}{10C_p t^x z K_{mp} 64 \mu k \ell_o^3}}, \text{ мм/зуб}, \quad (1)$$

### **Подача, допустимая прочностью фрезы**

Напряжение в хвостовике не должны превышать допустимое напряжение изгиба:

$$\sigma \leq [\sigma]_u$$

Напряжение в хвостовике определяются по формуле:

$$\sigma = \frac{M}{W}, \text{ МПа},$$

где  $M$  – момент силы в опасном сечении хвостовика, Н·м;  
 $W$  – момент сопротивления, мм<sup>3</sup>.

Эти составляющие определяются по формулам:

$$M = P_k \ell_o, \text{ Нм},$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32}, \text{ мм}^3.$$

Получаем выражение для определения максимально допустимой подачи:

$$S_{z_{\text{пр.фр.}}} \leq \sqrt[y]{\frac{D^q n^w \pi d^3 [\sigma]_{\text{л}}}{k 320 C_p t^x z K_{\text{мп}} \ell_o}}, \text{ мм/зуб.} \quad (2)$$

### Подача, допустимая по шероховатости поверхности

В зависимости от требуемой шероховатости подача определяется по эмпирической формуле:

$$S_{z_{\text{шер.}}} \leq \frac{C_c Ra^x D^b}{t^y}, \text{ мм/зуб,}$$

где  $C_c$  – эмпирический коэффициент;  
 $Ra$  – шероховатость, мкм;  
 $x, b, y$  – эмпирические показатели степени.

### Подача, допустимая из условия размещаемости стружки

Пояснительная схема представлена на рис. 55.

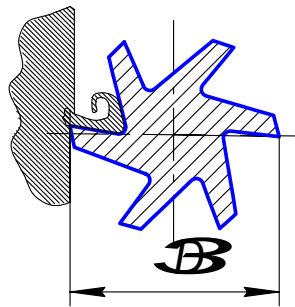


Рис. 55. Схема размещения стружки

Подача по этому условию рассчитывается по эмпирической формуле:

$$S_{z_{\text{стр}}} \leq \frac{\alpha D^2}{t z}, \text{ мм/зуб,} \quad (3)$$

где  $\alpha$  – эмпирический коэффициент.

### Подача, допустимая прочностью зуба фрезы

Это условие учитывается набором эмпирических формул для различных типов фрез. Для фрез из быстрорежущей стали:

$$S_{z_{\text{пр.зб.фр.}}} \leq 0,1 a z D^b, \text{ мм/зуб,}$$

где  $a$  – эмпирический коэффициент,  
 $b$  – эмпирический показатель степени.

### Подача, допустимая мощностью привода главного движения станка

Мощность привода должна быть больше мощности резания с учетом КПД:

$$N_{\text{ш}} \eta \leq N_{\text{рез}}$$

Мощность резания вычисляется по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{VP_z}{102 \cdot 60}, \text{ кВт},$$

где  $V$  – скорость резания, м/мин

$$V = \frac{\pi D n}{1000}, \text{ м/мин.}$$

Получаем выражение для определения максимально допустимой подачи:

$$S_{z \text{ мощ.ст.}} \leq \sqrt[3]{\frac{D^q n^w 60 \cdot 102 \cdot 1000 N_{\text{ш}} \eta}{10 C_p t^x B^u z K_{\text{мп}} \pi D n}} = \sqrt[3]{\frac{D^{q-1} n^{w-1} 612000 N_{\text{ш}} \eta}{C_p t^x B^u z K_{\text{мп}} \pi}}, \text{ мм/зуб}, \quad (4)$$

где  $N_{\text{ш}}$  – мощность на шпинделе станка, кВт.

#### **Подача, допустимая прочностью механизма подач станка**

Усилие подачи  $P_x$  не должно превышать предельное усилие механизма подач:

$$Q \geq P_x$$

$$S_{z \text{ мех.под.}} \leq \sqrt[3]{\frac{Q D^q n^w}{10 C_p t^x B^u z K_{\text{мп}} k}}, \text{ мм/зуб}, \quad (5)$$

где  $Q$  – допустимое значение механизма подач, Н.

#### **Подача, допустимая стойкостью инструмента**

Для соблюдения заданного значения периода стойкости назначенная скорость резания не должна превышать расчетную:

$$V \leq V_{\text{рез}}$$

Расчетная скорость резания определяется по формуле:

$$V_{\text{рез}} = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \text{ м/мин},$$

где  $C_v$  – эмпирический коэффициент;

$K_v$  – поправочный коэффициент;

$u, p, x, y, m, q$  – эмпирические показатели степени;

$T$  – период стойкости, мин.

Получаем выражение для определения максимально допустимой подачи:

$$S_{z \text{ ст.ин.}} \leq \sqrt[3]{\frac{1000 C_v D^q K_v}{T^m t^x B^u z^p \pi D n}} = \sqrt[3]{\frac{1000 C_v D^{q-1} K_v}{T^m t^x B^u z^p \pi n}}, \text{ мм/зуб}. \quad (6)$$

#### **Подача, допустимая прочностью пластинки**

Экспериментальными исследованиями установлено, что максимальная нагрузка не должна превышать величины, определяемой по следующей эмпирической формуле:

$$P_z = 34 t^{0.77} C^{1.35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0.8}, \text{ кг},$$

где  $C$  – толщина пластинки, мм;  
 $\varphi$  – главный угол в плане, град.  
 Учитывая, что

$$P_z = C_{P_z} t^{X_{P_z}} S^{Y_{P_z}} K_{P_z},$$

получаем

$$S_{п.п.} = \sqrt[3]{\frac{34 t^{0,77} C^{1,35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8}}{C_{P_z} t^{X_{P_z} - 0,77} K_{P_z}}}, \text{ мм/об.}$$

(7)

Диагностирование ведется покадрово. Данные для расчета берутся из соответствующего кадра управляющей программы или по умолчанию из предыдущих кадров (глубина резания, частота вращения шпинделя, скорость подачи), а также из параметров введенных пользователем:

- диаметр фрезы  $D_{фр}$ , мм;
- число зубьев фрезы  $z$ ,
- толщина припаянной или механически закрепленной пластинки  $C$ , мм;
- стойкость фрезы  $T$ , мин;
- величина вылета фрезы из шпинделя  $L$ , мм;
- ширина фрезерования  $B$ , мм;
- обрабатываемый материал заготовки (твердость НВ);
- значение требуемой шероховатости обработанной поверхности  $R_z$ ;
- допуск на размер с чертежа  $A$ , мкм;
- наибольшее усилие механизма подачи станка  $Q_{мп}$ , Н;
- мощность на шпинделе  $N_{шп}$ , кВт;

Исходными данными, берущимися из кадра управляющей программы или по умолчанию из предыдущего кадра, являются:

- минутная подача  $S_{мин}$  мм/мин;
- разность координат  $X_H - X_K$ , мм;
- частота вращения шпинделя  $n$  мин<sup>-1</sup>.

Число зубьев фрезы, исходя из условий равномерности фрезерования, определяется по формуле:

$$z = \frac{2 \cdot 360}{2 \cdot \arcsin \frac{B}{D}} = \frac{360}{\arcsin \frac{B}{D}}$$

Определение значения стойкости фрезы  $T$  по исходным данным из кадра управляющей программы осуществляется по следующей формуле:

$$T_{\text{действ}} = \sqrt[m]{\frac{1000 \cdot C_v \cdot D^{Q_v} \cdot k_v}{\pi \cdot D \cdot n_{\text{заданное}} \cdot t^{X_v} \cdot S_{\text{заданное}}^{Y_v} \cdot B^{u_v} Z^{p_v}}} \text{ мин} \quad (8)$$

После расчёта происходит сравнение действующего значения стойкости фрезы с требуемым, взятым из базы данных, если в базе данных нет значения стойкости в таком случае достаточно выполнения следующего неравенства:

$$D \leq T_{\text{действ}} \leq 3 \cdot D$$

В случае, если неравенство не выполняется, пользователю предлагается скорректировать значение стойкости фрезы  $T$ . Пользователь может ввести требуемое значение стойкости, тем самым, изменяя частоту вращения шпинделя или оставить всё без изменений. Если же пользователь введет требуемое значение стойкости  $T$ , частота вращения шпинделя определится по следующей формуле:

$$n_{\text{коррек}} = \frac{1000 \cdot C_v \cdot D^{Q_v} \cdot k_v}{\pi \cdot D \cdot T^m t^{X_v} \cdot S_{\text{заданное}}^{Y_v} \cdot B^{u_v} Z^{p_v}} \text{ мин}^{-1}$$

Полученное значение частоты вращения шпинделя будет использоваться при всех дальнейших расчётах.

После запуска программа диагностирования выполняет расчет подач допустимых жесткости фрезы, прочности фрезы, шероховатостью поверхности, условиями размещаемости стружки, прочности зуба фрезы, мощностью на шпинделе, прочности механизма подач станка, стойкостью инструмента, прочностью пластинки.

По окончании расчета осуществляется сравнение полученных значений подач со значением из кадра управляющей программы. Должно выполняться условие:

$$S_{Z_{\text{начальное}}} \leq S_{Z_{\text{расчётное}}}.$$

В случае, если условие не выполняется, выводится предупреждение, что по данному параметру (или нескольким параметрам, перечисляются все по порядку) расчёт не прошел и приводятся рекомендуемые методы устранения.

Ниже перечислены основные методы, позволяющие устранить невыполнение условия:  $S_{Z_{\text{начальное}}} \leq S_{Z_{\text{расчётное}}}$ . Какой из методов необходимо применять в данной конкретной ситуации, на конкретном станке с заданным инструментом необходимо решать пользователю.

В процессе принятия решения необходимо руководствоваться следующим:

- С увеличением диаметра фрезы  $D$ , при прочих равных условиях, уменьшается толщина срезаемого слоя, меньше число одновременно работающих зубьев, меньше суммарная площадь сечения срезаемого слоя, увеличивается масса инструмента и длительность перерывов в работе зубьев, что снижает их нагрев. Всё вместе взятое уменьшает тепловую напряженность зуба фрезы и существенно повышает допускаемую скорость резания.
- С увеличением глубины резания  $t$  увеличивается угол контакта фрезы с заготовкой, вследствие чего толщина срезаемого слоя увеличивается и уменьшается время «отдыха» зуба фрезы. Это приводит к увеличению напряженности теплового режима и уменьшению допускаемой скорости резания.

- С увеличением подачи на зуб  $S_z$  увеличивается толщина срезаемого слоя, возрастает работа сил деформации и трения, увеличивается тепловыделение и температура в зоне резания.

- С увеличением ширины фрезерования  $B$  возрастает суммарная длина режущих кромок, участвующих в резании, повышается работа резания и тепловыделение, в силу чего допускаемая скорость резания снижается.

- С увеличением числа зубьев фрезы  $z$  увеличивается число одновременно работающих зубьев и снимаемая ими суммарная площадь среза. Это приводит к увеличению работы силы резания, уменьшению стойкости инструмента и необходимости уменьшения скорости резания при фрезеровании.

- От числа оборотов шпинделя зависит стойкость инструмента, то есть с увеличением числа оборотов уменьшается стойкость.

- Чем выше требования к шероховатости обработанной поверхности, тем меньше должна быть глубина резания.

Рекомендуемые методы коррекции условий обработки приведены ниже.

По прочности фрезы:

- уменьшить величину подачи;
- увеличить число оборотов  $n$ ;
- уменьшить глубину резания  $t$ ;
- увеличить число оборотов  $n$  и уменьшить глубину резания  $t$ .
- увеличить диаметр фрезы  $D$ .

По жесткости фрезы:

- уменьшить величину подачи;
- увеличить число оборотов  $n$ ;
- увеличить диаметр фрезы  $D$ .

По прочности твёрдосплавной пластинки:

- уменьшить величину подачи;
- увеличить число оборотов  $n$ ;
- задать другую пластинку (большей толщины);
- увеличить диаметр фрезы  $D$ .

По шероховатости поверхности:

- уменьшить величину подачи;
- снизить требования к шероховатости (увеличить  $R_z$ );
- увеличить диаметр фрезы  $D$ .

По прочности механизма подач:

- уменьшить величину подачи;
- увеличить число оборотов  $n$ ;
- выбрать другой станок, с большим значением  $Q_{м.п.}$ ;
- увеличить диаметр фрезы  $D$ .

По стойкости инструмента:

- уменьшить величину подачи;
- снизить частоту вращения шпинделя;
- уменьшить толщину среза;

– увеличить стойкость инструмента (выбрать другой);

По мощности на шпинделе:

– уменьшить величину подачи;

– снизить скорость резания пропорционально недостатку мощности по формуле:

$$V_N = V_{\text{расч}} \frac{N_{\text{ст}}}{N_e} \text{ м/мин.},$$

где  $V_N$  – скорость резания по станку

$V_{\text{расч}}$  – расчетная скорость резания;

$N_{\text{ст}}$  – действующая мощность станка;

$N_e$  – действующая мощность резания.

Значение  $S_{z\text{min}}$ , полученное в результате диагностирования кадра и коррекции используется для определения скорости резания, эффективной мощности резания и действительного числа оборотов.

После диагностирования и коррекции условий обработки необходимо провести контрольное диагностирование.

В качестве **примера** рассмотрим: черновое фрезерование стали с  $\sigma = 800$  МПа двумя разными быстрорежущими концевыми фрезами. Диаметры фрез  $D1 = 40$  мм,  $D2 = 30$  мм, диаметр патрона  $d1 = d2 = 30$  мм, число зубьев  $z1 = 4$ ,  $z2 = 3$ , вылет фрез  $l_{o1} = 200$  мм,  $l_{o2} = 150$  мм, ширина фрезерования  $B1 = 20$  мм,  $B2 = 12$  мм, глубина фрезерования  $t1 = t2 = 2$  мм, стойкость фрез  $T1 = T2 = 30$  мин, шероховатость  $Ra1 = 20$  мкм,  $Rz2 = 80$  мкм.

Станок вертикально-фрезерный, мощность на шпинделе  $N = 7,5$  кВт, допустимое усилие механизма подачи  $Q = 1600$  Н. В управляющей программе задано:  $S1 = 118$  мм/мин,  $n1 = 118 \text{ мин}^{-1}$ ;  $S2 = 300$  мм/мин,  $n2 = 190 \text{ мин}^{-1}$ .

Пересчитаем  $S1$  и  $S2$  из минутной подачи в подачу на зуб:

$$S_{z1} = \frac{S1_{\text{мин}}}{nz} = \frac{118}{118 \cdot 4} = 0,25, \text{ мм / зуб};$$

$$S_{z2} = \frac{S2_{\text{мин}}}{nz} = \frac{300}{190 \cdot 3} = 0,53, \text{ мм / зуб}.$$

Найдем допустимое число оборотов при данных условиях для двух фрез:

$$n1 = \frac{1000 \frac{46,7}{30^{0,33}}}{\pi 40} = 120,964, \text{ об/мин},$$

$$n2 = \frac{1000 \frac{46,7}{30^{0,33}}}{\pi 30} = 161,286, \text{ об/мин},$$

Теперь, зная частоту вращения, задавая необходимые данные, найдем допустимые подачи по всем критериям для двух фрез.

**Подача по жесткости фрезы**

Для консольного закрепления хвостовика коэффициент жесткости  $A = 39$ . Модуль упругости для стали  $E = 200000$  МПа. Допустимый прогиб для черновой обработки  $f_{\text{доп}} = 0,1$  мм, динамический коэффициент  $\mu = 1,5$ , коэффициент способа фрезерования  $k = 1$ , коэффициенты  $C_p = 68,2$ ;  $K_{\text{МР}} = 1$ , показатели степени  $x = 0,86$ ;  $y = 0,72$ ;  $u = 1$ ;  $w = 0$ ;  $q = 0,86$ .

Подставим значения в формулу (1):

$$S1_{z \text{ ж. фр.}} = 0,72 \sqrt{\frac{39 \cdot 200000 \cdot 0,1 \cdot \pi \cdot 30^4 \cdot 40^{0,86}}{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 20^1 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 64 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 200^3}} = 0,518, \text{ мм/зуб,}$$

$$S2_{z \text{ ж. фр.}} = 0,72 \sqrt{\frac{39 \cdot 200000 \cdot 0,1 \cdot \pi \cdot 30^4 \cdot 30^{0,86}}{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 12^1 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 64 \cdot 1,5 \cdot 4 \cdot 150^3}} = 0,539, \text{ мм/зуб.}$$

Условие в обоих вариантах выполняется, так как  $S_{z1} = 0,25 < S_{z1 \text{ получ}} = 0,518$  и  $S_{z2} = 0,53 < S_{z2 \text{ получ}} = 0,539$ . соответственно по этим параметрам подачи удовлетворяют условиям.

### Подача по прочности фрезы

Расчет ведется по формуле (2):

$$S1_{z \text{ пр. фр.}} = 0,72 \sqrt{\frac{40^{0,86} \cdot \pi \cdot 30^3 \cdot 800}{1 \cdot 320 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 20^1 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 200}} = 0,537, \text{ мм/зуб,}$$

$$S2_{z \text{ пр. фр.}} = 0,72 \sqrt{\frac{30^{0,86} \cdot \pi \cdot 30^3 \cdot 800}{1 \cdot 320 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 12^1 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 150}} = 11,8, \text{ мм/зуб,}$$

Условие в обоих вариантах выполняется, так как  $S_{z1} = 0,25 < S_{z1 \text{ получ}} = 0,537$  и  $S_{z2} = 0,53 < S_{z2 \text{ получ}} = 11,8$ . соответственно по этим параметрам подачи удовлетворяют условиям.

### Подача по шероховатости поверхности

Коэффициент  $C_c = 0,0048$ , показатели степени  $x = 0,7$ ;  $y = 0,06$ ;  $b = 0,64$ .

Подставим значения в формулу (3):

$$S1_{z \text{ шер.}} = \frac{0,0048 \cdot 20^{0,7} \cdot 40^{0,64}}{2^{0,06}} = 0,398, \text{ мм/зуб,}$$

$$S2_{z \text{ шер.}} = \frac{0,0048 \cdot 80^{0,7} \cdot 30^{0,64}}{2^{0,06}} = 0,872, \text{ мм/зуб.}$$

Условие в обоих вариантах выполняется, так как  $S_{z1} = 0,25 < S_{z1 \text{ получ}} = 0,398$  и  $S_{z2} = 0,53 < S_{z2 \text{ получ}} = 0,872$ . соответственно по этим параметрам подачи удовлетворяют условиям.

### Подача по условию размещаемости стружки

Коэффициент  $\alpha = 0,04$ .

Подставим значения в формулу (4):

$$S1_{z \text{ стр.}} = \frac{0,04 \cdot 40^2}{2 \cdot 4} = 8 \text{ мм/зуб,}$$

$$S2_{z \text{ стр.}} = \frac{0,04 \cdot 30^2}{2 \cdot 3} = 6 \text{ мм/зуб.}$$



Условие в обоих вариантах выполняется, так как  $S_{Z1} = 0,25 < S_{Z1\text{получ}} = 8$  и  $S_{Z2} = 0,53 < S_{Z2\text{получ}} = 6$ . соответственно по этим параметрам подачи удовлетворяют условиям.

### Подача по прочности зуба фрезы

Коэффициент  $a = 0,05$ , показатель степени  $b = 1,004$ . /4/

Расчет ведется по формуле (5):

$$S_{1z\text{ пр.зб. фр.}} = 0,1 \cdot 0,05 \cdot 4 \cdot 40^{1,004} = 0,812 \text{ мм/зуб,}$$

$$S_{1z\text{ пр.зб. фр.}} = 0,1 \cdot 0,05 \cdot 3 \cdot 30^{1,004} = 0,456 \text{ мм/зуб.}$$

Условие в выполняется только в первом варианте так как  $S_{Z1} = 0,25 < S_{Z1\text{получ}} = 0,812$  и  $S_{Z2} = 0,53 > S_{Z2\text{получ}} = 0,456$ . соответственно по этому параметру удовлетворяет условиям только первый вариант, а второй необходимо корректировать. В нашем случае проведем расчет по всем остальным ограничениям.

### Подача по мощности станка

Необходимые значения подставим в формулу (6):

$$S_{1z\text{ мощ.ст.}} = 0,72 \sqrt{\frac{40^{-0,14} \cdot 118^{-1} \cdot 60 \cdot 102 \cdot 1000 \cdot 7,5}{68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 20^1 \cdot 4 \cdot 1 \cdot \pi}} = 0,666, \text{ мм/зуб,}$$

$$S_{2z\text{ мощ.ст.}} = 0,72 \sqrt{\frac{30^{-0,14} \cdot 150^{-1} \cdot 60 \cdot 102 \cdot 1000 \cdot 7,5}{68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 12^1 \cdot 3 \cdot 1 \cdot \pi}} = 1,529, \text{ мм/зуб.}$$

Условие в обоих вариантах выполняется, так как  $S_{Z1} = 0,25 < S_{Z1\text{получ}} = 0,666$  и  $S_{Z2} = 0,53 < S_{Z2\text{получ}} = 1,529$ . соответственно по этим параметрам подачи удовлетворяют условиям.

### Подача по прочности механизма подачи станка

Расчет ведется по формуле (7):

$$S_{1z\text{ мех.под.}} = 0,72 \sqrt{\frac{1600 \cdot 40^{0,86}}{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 20^1 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 1,5}} = 0,266 \text{ мм/зуб,}$$

$$S_{2z\text{ мех.под.}} = 0,72 \sqrt{\frac{1600 \cdot 30^{0,86}}{10 \cdot 68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 12^1 \cdot 3 \cdot 1 \cdot 1,5}} = 0,326 \text{ мм/зуб.}$$

Условие в выполняется только в первом варианте так как  $S_{Z1} = 0,25 < S_{Z1\text{получ}} = 0,266$  и  $S_{Z2} = 0,53 > S_{Z2\text{получ}} = 0,326$ . соответственно по этому параметру удовлетворяет условиям только первый вариант, а второй необходимо корректировать. В нашем случае проведем расчет по всем остальным ограничениям.

### Подача исходя из стойкости инструмента

Коэффициенты  $C_V = 46,7$ ;  $K_{MV} = 1$ , показатели степени  $x = 0,5$ ;  $y = 0,5$ ;  $u = 0,2$ ;  $m = 0,33$ ;  $p = 0,1$ ;  $q = 0,45$ .

Подставим значения в формулу (8):

$$S_{1z\text{ ст.ин.}} = 0,5 \sqrt{\frac{1000 \cdot 46,7 \cdot 40^{-0,55} \cdot 1}{30^{0,33} \cdot 2^{0,5} \cdot 20^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot \pi \cdot 118}} = 3,323 \text{ мм/зуб,}$$

$$S_{2z\text{ ст.ин.}} = 0,5 \sqrt{\frac{1000 \cdot 46,7 \cdot 30^{-0,55} \cdot 1}{30^{0,33} \cdot 2^{0,5} \cdot 12^{0,2} \cdot 3^{0,1} \cdot \pi \cdot 150}} = 3,667 \text{ мм/зуб.}$$

Условие в обоих вариантах выполняется, так как  $S_{Z1} = 0,25 < S_{Z1\text{получ}} = 3,323$  и  $S_{Z2} = 0,53 < S_{Z2\text{получ}} = 3,667$ . соответственно по этим параметрам подачи удовлетворяют условиям.

### Подача по прочности пластинки

Данный вид ограничения здесь не учитывается, так как расчет производится для фрез из быстрорежущей стали.

Теперь необходимо найти наименьшее значение из всех полученных величин для каждой фрезы. Получим что:  $S1_{\min} = S1_{\text{мех.под.}} = 0,266$  мм/зуб,  $S2_{\min} = S1_{\text{пр.зб.фр.}} = 0,456$  мм/зуб.

Определим минутную подачу:  $S1 = S_{Z} \cdot n \cdot z = 0,266 \cdot 4 \cdot 118 = 125,552$  мм/мин;  $S2 = S_{Z} \cdot n \cdot z = 0,456 \cdot 3 \cdot 150 = 205$  мм/мин.

Таким образом, получим: для первого случая:  $S1 = 118$  мм/мин,  $n1 = 118$  мин<sup>-1</sup>; для второго случая:  $S2 = 205$  мм/мин,  $n1 = 150$  мин<sup>-1</sup>.

Сравнивая рассчитанные данные и данные управляющей программы видим, что для первого случая режимы резания выбраны допустимые, а во втором случае они завышены по двум показателям. Для второго варианта необходимо провести корректировку значений подачи в управляющей программе, либо же прибегнуть к использованию другого инструмента, другого оборудования.

Для снижения режимов резания необходимо снизить подачу и частоту вращения шпинделя, так как снижать глубину резания не всегда выгодно, это повлечет за собой появления еще одного прохода, что увеличит время обработки, и повысит себе стоимость изготавливаемой детали.

**Модуль диагностики** во фрезерной программе расположен в меню «Команды» – «Диагностика» (рис.56).

Выполняем следующие действия:

- загружаем модуль диагностики (рис.57),
- вводим данные для диагностирования управляющей программы,

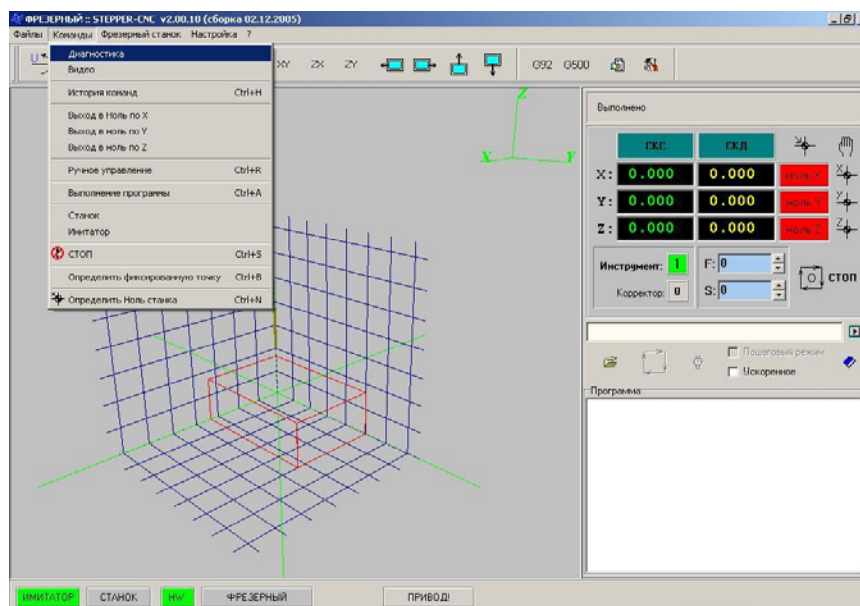


Рис. 56. Включение окна «Диагностика»

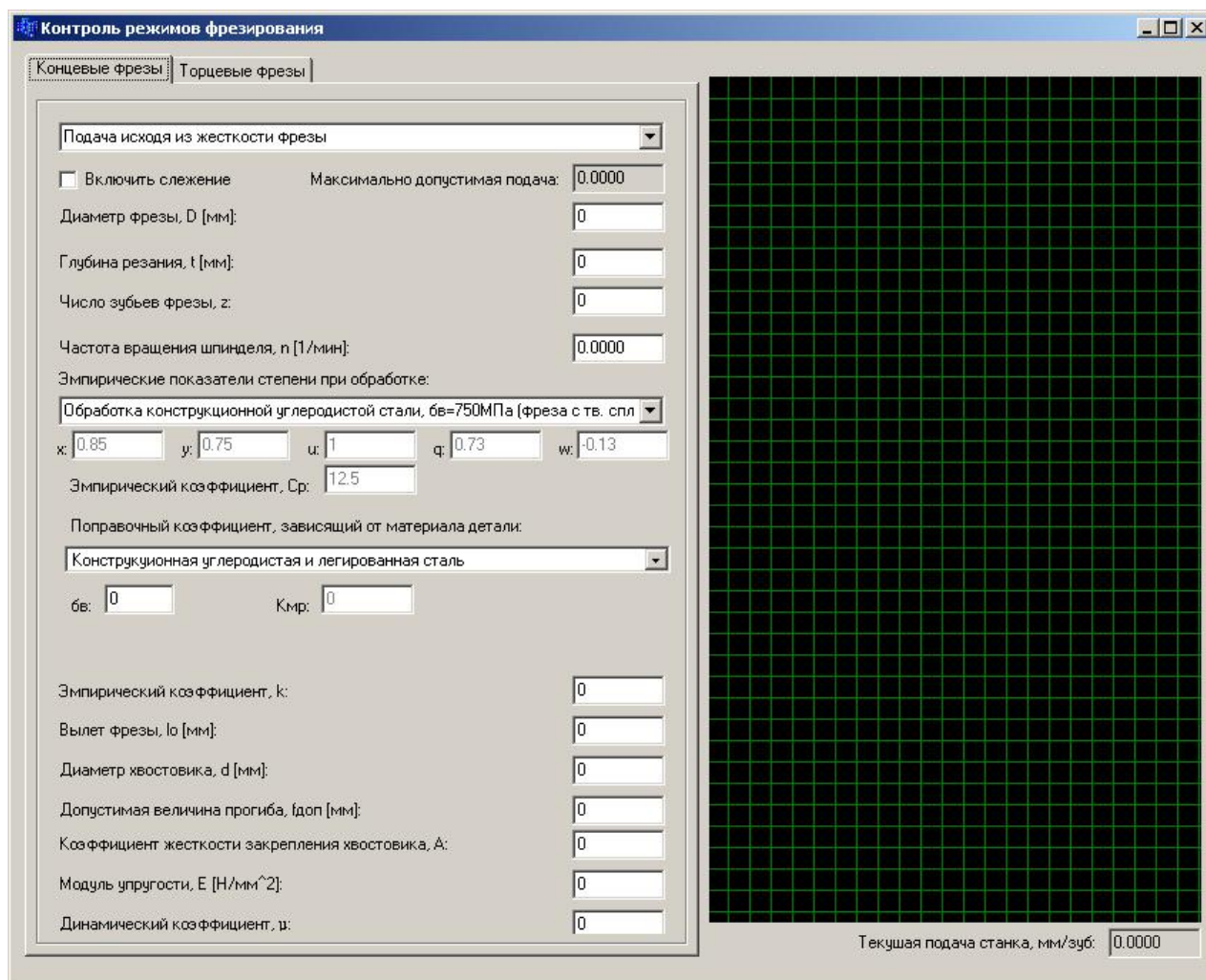


Рис. 57. Окно “Диагностика”

– запускаем управляющую программу; для того чтоб велось слежения диагностики необходимо чтобы фреза касалась заготовки и вела обработку. В противном случае слежения не осуществляется; необходимо также проверить установлены ли подача и частота вращения фрезы,

– запускаем модуль диагностики, если все параметры заданы правильно, то надо включить слежение, после этого будет идти процесс отслеживания управляющей программы и, если расчетные данные не превысят требуемые параметры, то эта программа может считаться пригодной к использованию на станке. Если расчетные данные превысят требуемые параметры резания, то приостановится выполнения программы, появится окно с предупреждением «Подача превысила максимально допустимую!» (рис. 58) и выполнение программы остановится.

После этого необходимо проанализировать ошибку и внести корректировку в условия обработки, после чего повторить диагностику.

Диагностирование обеспечивается как для концевых, так и для торцевых фрез. Завершения модуля диагностики осуществляется в следующем порядке:

- остановить управляющую программу.
- закрыть окно модуля диагностики.

– закрыть программу.

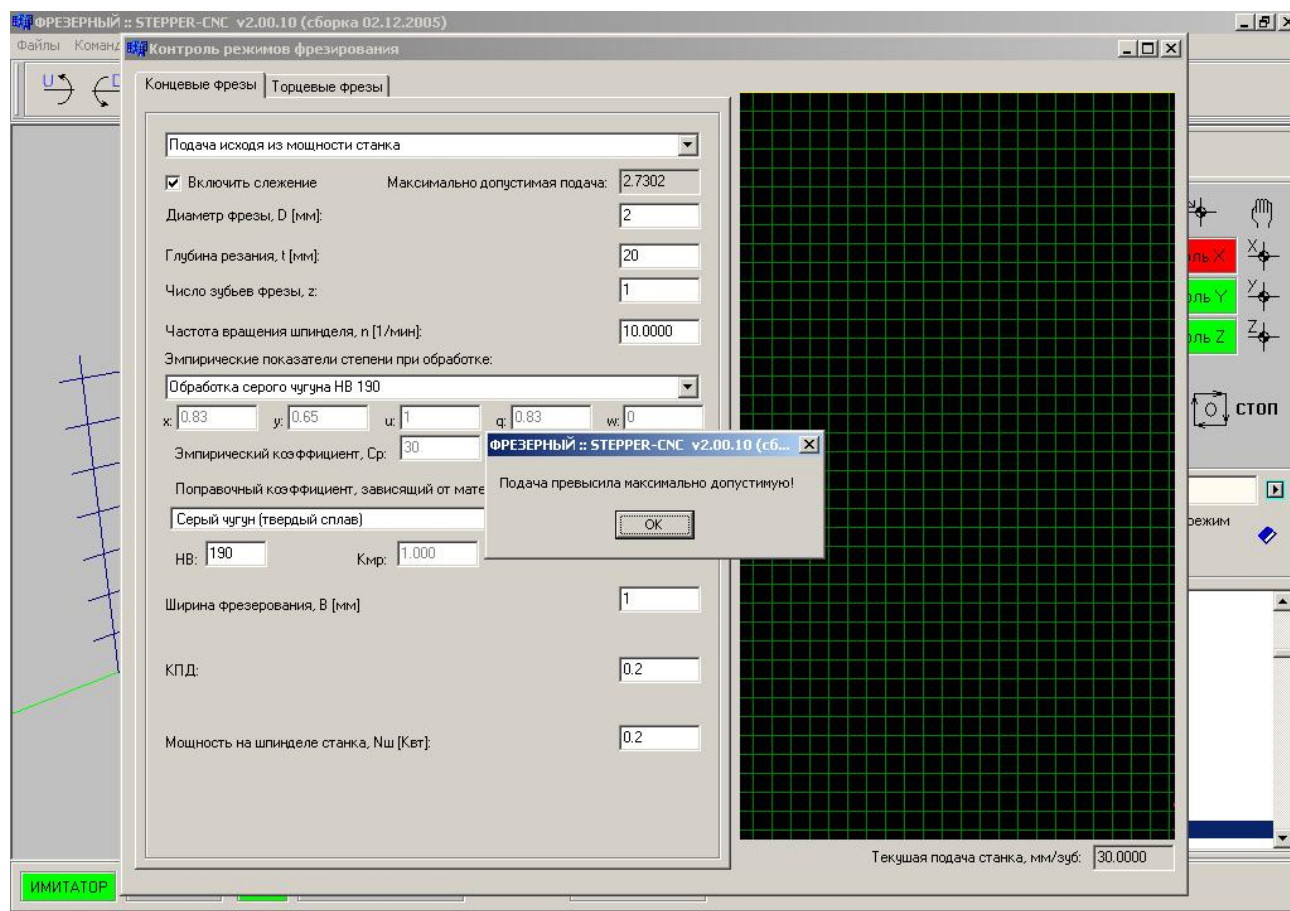


Рис.58. Окно с диагностическим сообщением

При выключении программы все настройки модуля сбрасываются.

### Рассмотрим **Пример 1**

Открываем программу управления фрезерным станком и загружаем управляющую программу:

```
N01 M03 S1500  
N02 G01 Z-15. F200  
N03 G01 X-30. F200  
N04 G01 Y-30. F100  
N05 G01 X0. F50  
N06 G01 Y0. F300  
N07 M05  
N08 M02
```

Открываем модуль диагностики и вводим исходные данные (рис. 59):

- выбираем расчет подачи исходя из условия размещаемости стружки,
- вводим диаметр фрезы,  $D = 6$  мм,
- глубина фрезерования,  $t = 30$  мм,
- число зубьев,  $z = 4$ ,
- эмпирический коэффициент,  $a = 0,2$ .

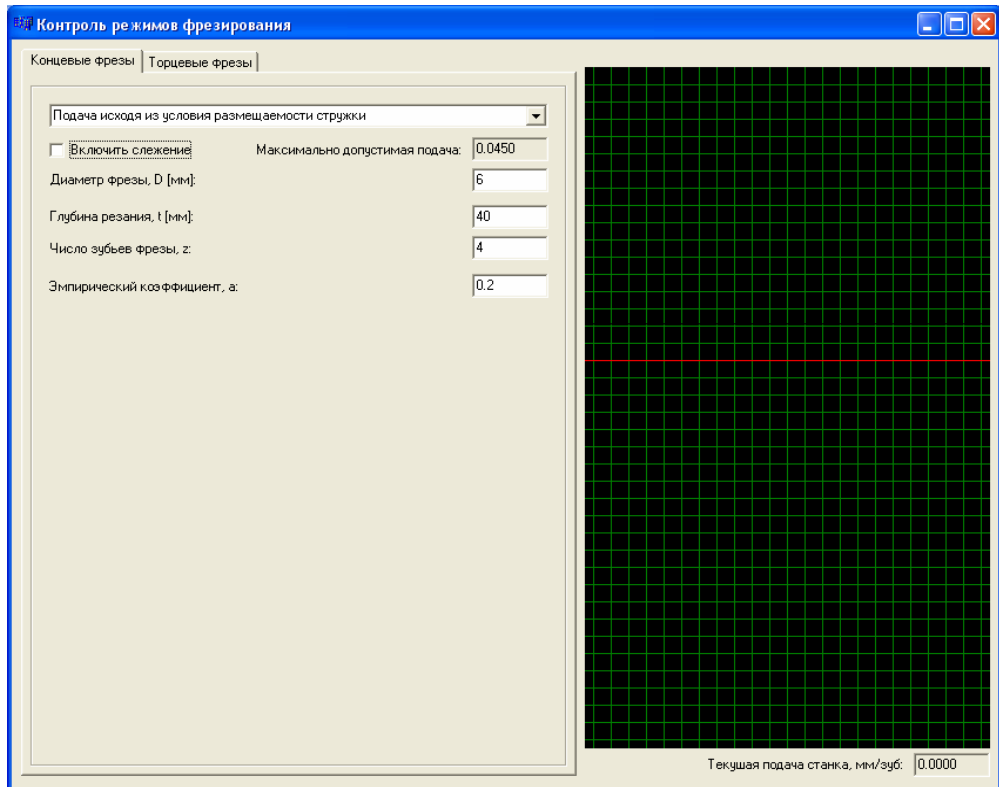


Рис. 59. Окно с диагностическим сообщением

Запускаем программу и слежение в диагностике (рис.60). После обработки данных программа закончила выполнение и остановилась без сообщения об ошибках. Это означает, что управляющую программу можно запускать на станке.

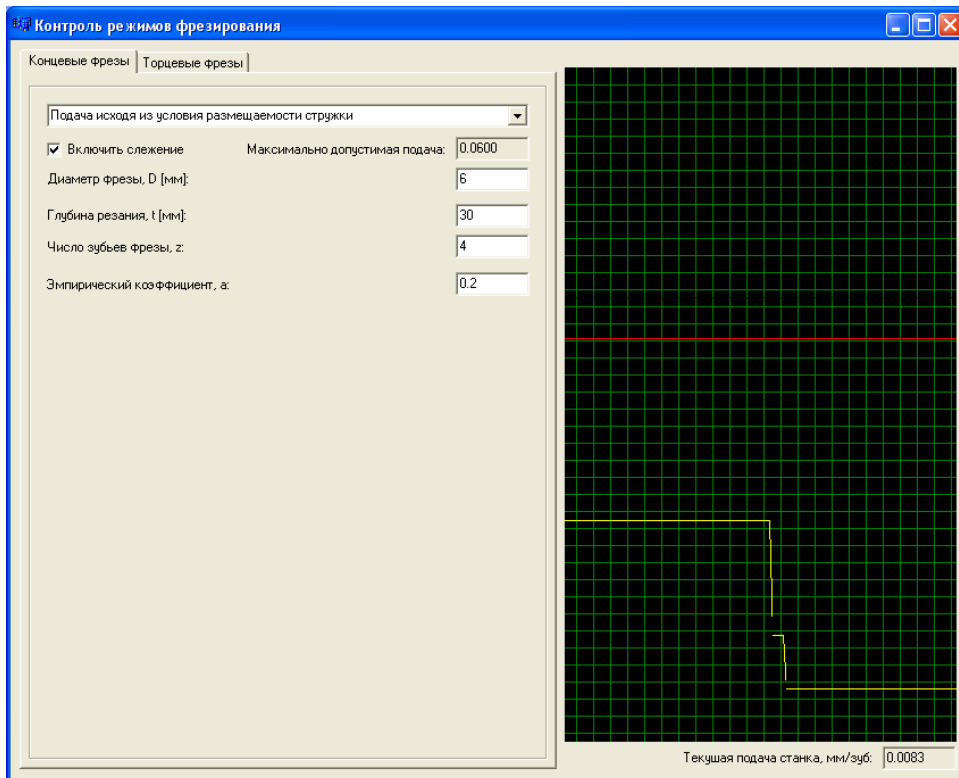


Рис.60. Окно с диагностическим сообщением

## Пример 2

Изменим глубину фрезерования в исходных данных на  $t = 40$  мм.

Запускаем управляющую программу и включаем слежение, на рис. 61 показан получающийся при этом вид экрана диагностирования.

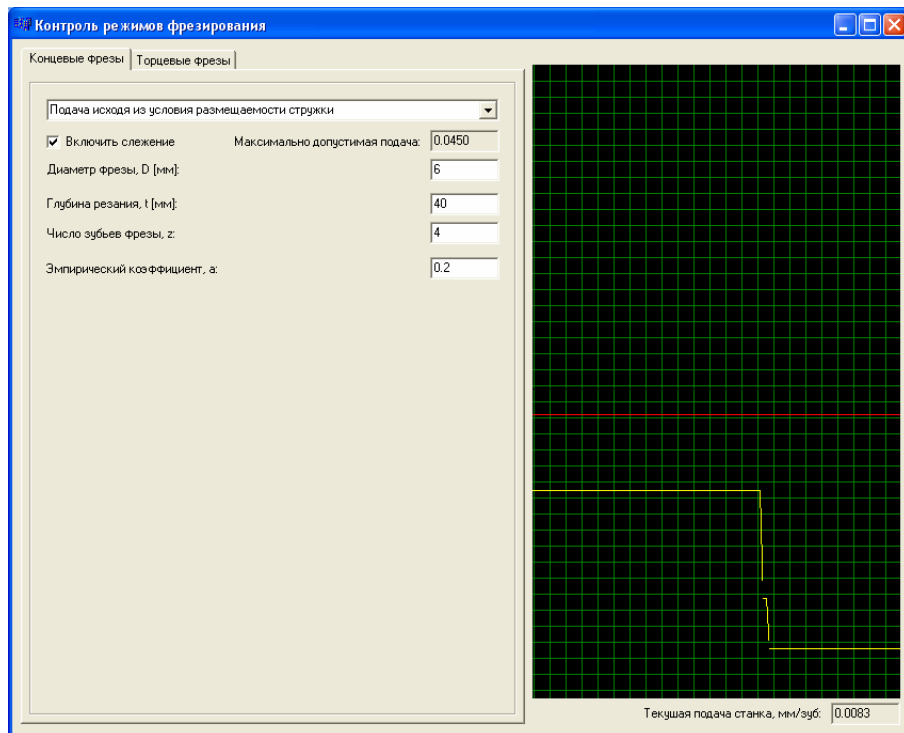


Рис. 61. Окно с диагностическим сообщением

При выполнении команды N06 G01 Y0. F300 модуль диагностики покажет ошибку «Подача превысила максимально допустимую!» (рис. 62), выполнение программы остановится.

Технолог может принять решение:

- продолжить выполнение программы;
- уменьшить величину подачи;
- изменить другой параметр режима резания или инструмента;
- изменить несколько параметров.

Далее следует вновь запустить программу диагностирования, пока не будут выполняться все заданные ограничения по условиям чертежа, возможностям инструмента и станка.

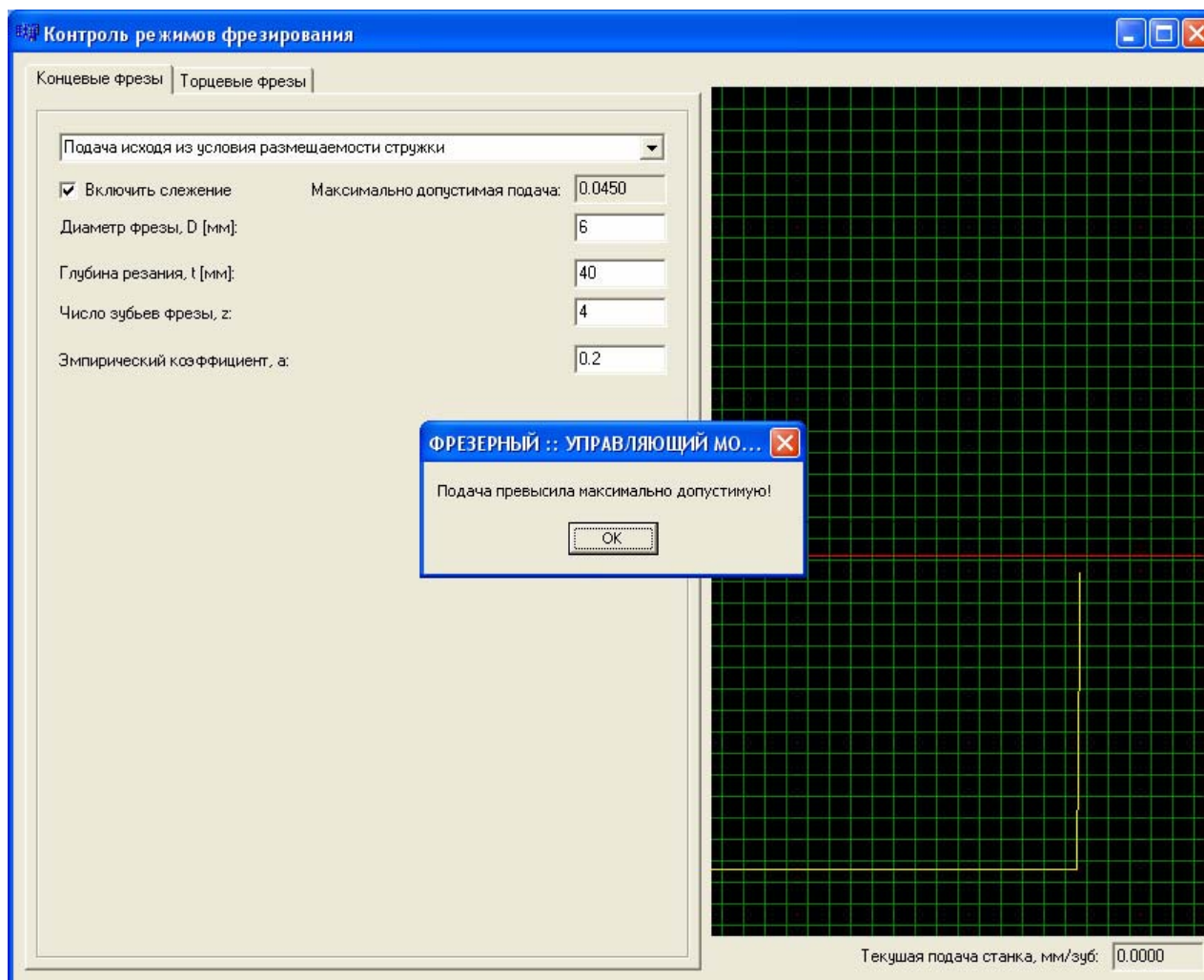


Рис. 62. Окно с диагностическим сообщением

## 8. СИСТЕМА ТЕСТИРОВАНИЯ ЗНАНИЙ

Перед началом работы необходимо узнать у администратора компьютерной аудитории URL системы тестирования, открыть браузер (IE 5.0 или выше), и ввести URL в строке адреса. Примерный вид адреса: [http://LAN\\_server\\_name/TLS](http://LAN_server_name/TLS)

### *Регистрация и вход в систему*

После появления страницы входа в систему (рис. 63), необходимо ввести “логин” и пароль, если вы уже зарегистрированный пользователь, или же зарегистрироваться.

Для этого нужно кликнуть на ссылку [зарегистрироваться], после чего откроется окно регистрации (рис.64), где нужно ввести свое имя, а также “логин” и пароль, которые будут использоваться для работы с системой в будущем.

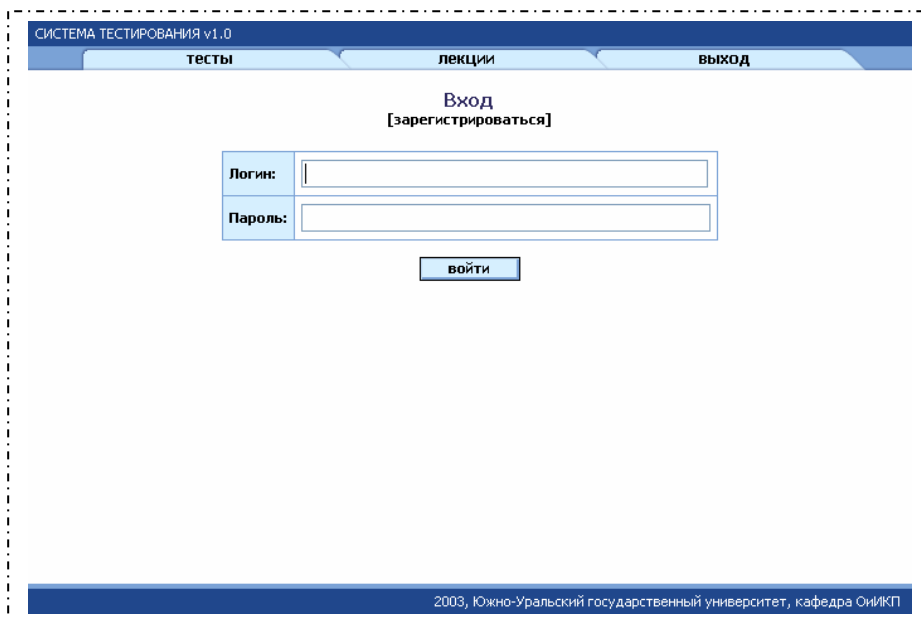


Рис.63. Окно ввода пароля

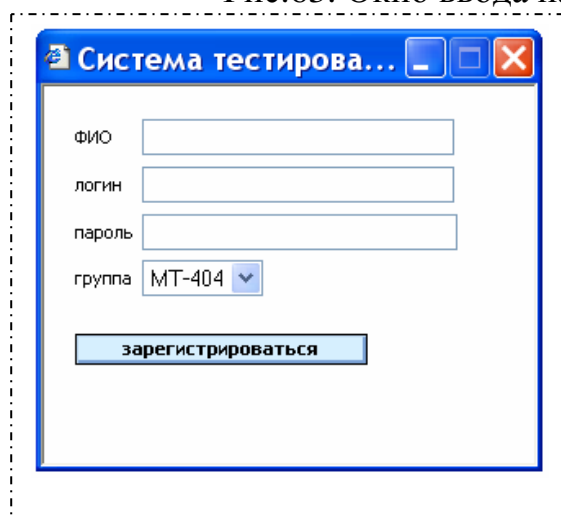


Рис. 64. Окно регистрации

Кроме того, нужно выбрать из выпадающего списка свою группу, после чего нажать на кнопку. При успешно выполненной регистрации появится сообщение: “Вы успешно зарегистрированы”. Если введенный вами “логин” уже используется кем-то, вы увидите соответствующее сообщение, после чего нужно будет придумать другой “логин”. После завершения процедуры регистрации закройте это окно и введите свой “логин” и пароль в форме входа (рис. 65):

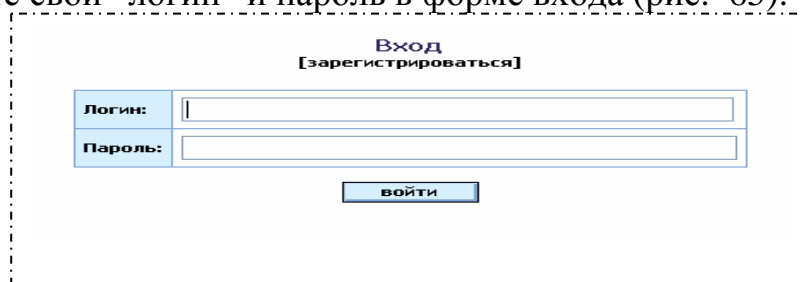


Рис. 65. Окно входа



Если вы введете неправильные данные, появится сообщение “Неправильные регистрационные данные!”.

При успешном входе в систему вы увидите стартовую страничку (рис. 66):

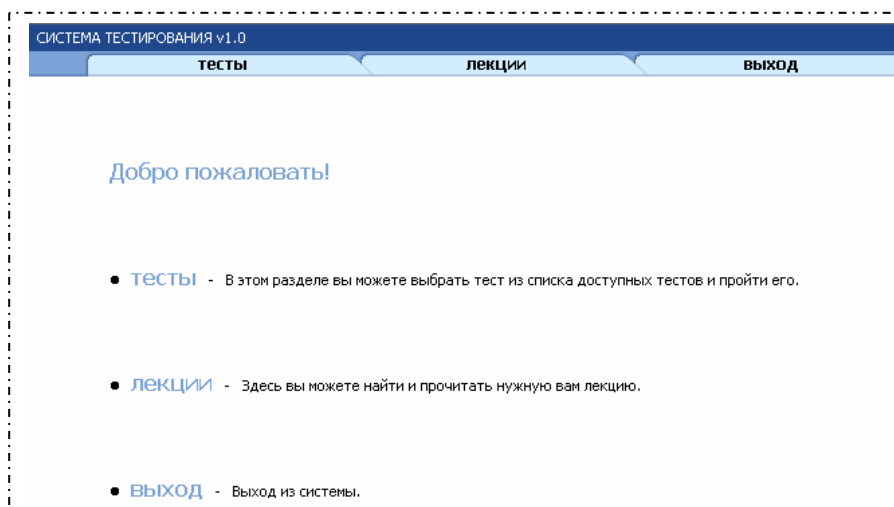


Рис. 66. Стартовая страница

Вверху страницы расположено главное меню (рис. 67), которое продублировано в центральной зоне с краткими пояснениями.



Рис. 67. Главное меню

## Тестирование

После входа в раздел тестирования появится список тестов доступных на данный момент (рис. 68):

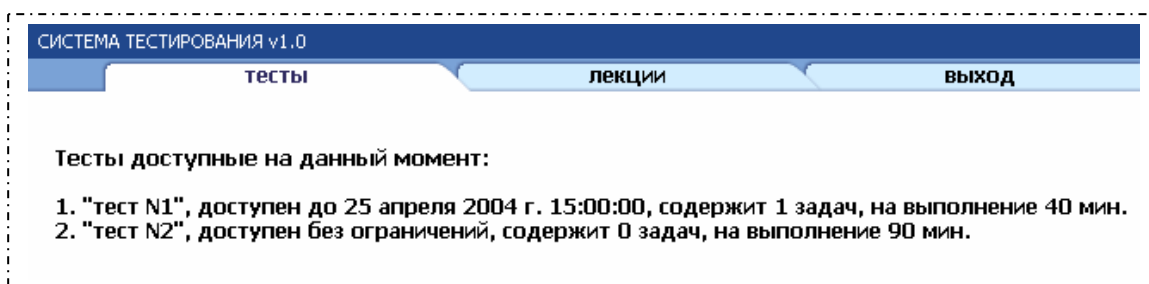


Рис. 68. Список тестов

Кликнув на любой из доступных тестов, вы попадете на экран с более полной информацией о тесте и кнопкой, нажав на которую, вы сможете начать тестирование (рис. 69):

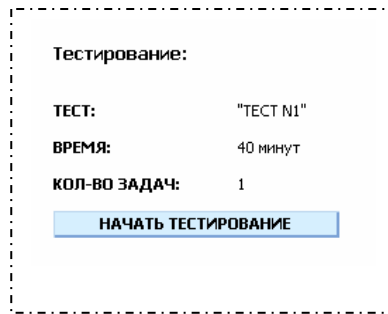


Рис. 69. Вход в тестирование

После этого сразу начнется тестирование, и появится первая задача теста (рис. 70). Наверху экрана находятся кнопки перехода между задачами, поле ввода ответа, и индикатор времени, оставшегося до конца тестирования, в минутах и секундах. Если задача предполагает выбор ответа из списка, то в поле ввода ответа следует вводить номер ответа, показавшегося вам правильным. Если же задача предполагает числовой ответ, следует проконсультироваться у преподавателя, каким знаком нужно разделять дробную и целую часть числа (это зависит от того, как этот знак был задан при занесении задачи в базу данных), а также до скольких знаков после запятой производить округление, если это не указано в тексте задачи. После окончания теста выдается соответствующее сообщение. Результаты тестирования можно будет узнать у преподавателя.

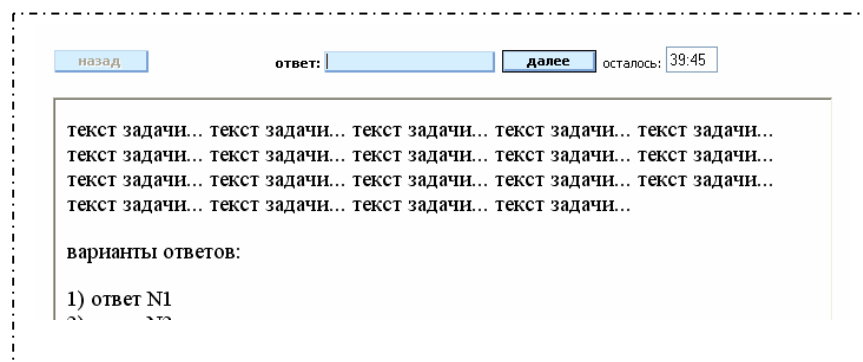


Рис. 70 Окно с тестом

### Пример сеанса тестирования

1. Перед началом работы открыть браузер (Internet Explorer 5.0 или выше), и ввести требуемый URL в строке адреса (необходимо вводить все указанные символы без исключения) (рис. 71). Кликнуть левой клавишей мыши на кнопке «ПЕРЕХОД»



Рис. 71. Адрес программы

После чего появится окно входа в систему тестирования (рис. 72).

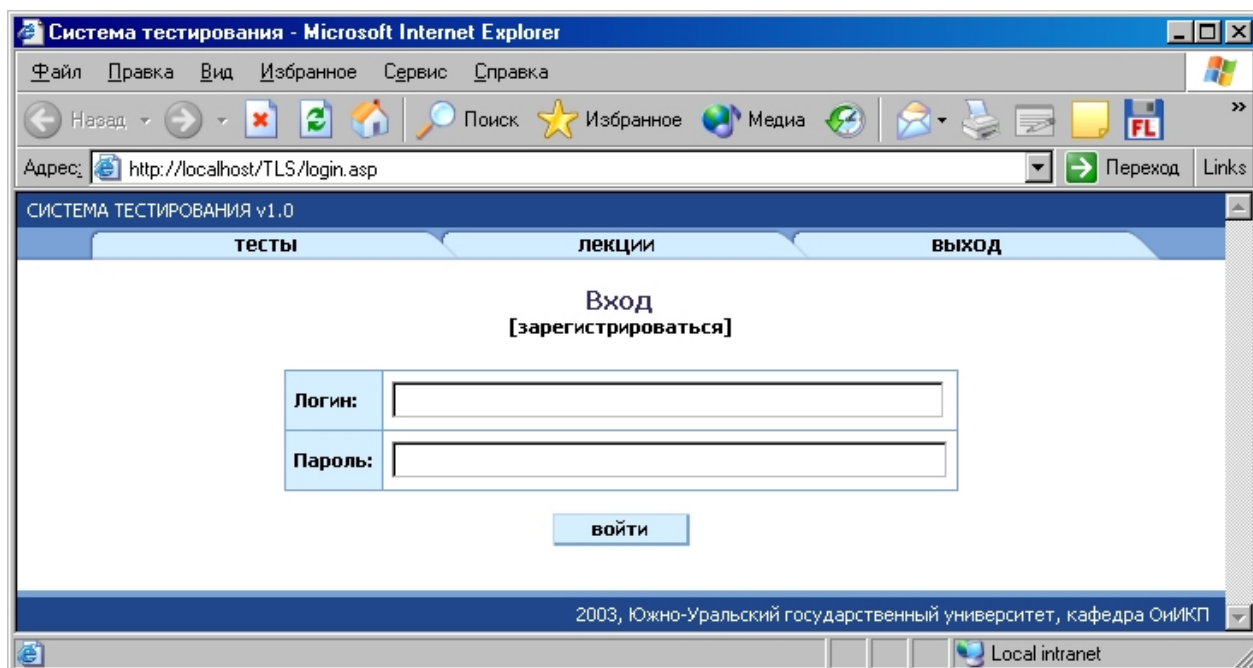


Рис. 72. Вход в регистрацию

2. Теперь выполним вход в систему тестирования (рис. 73).

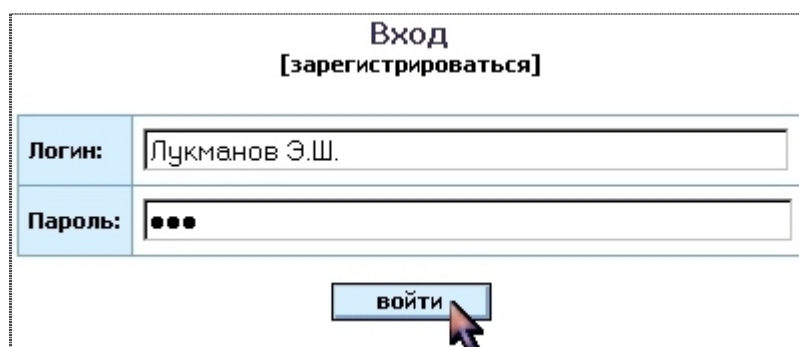


Рис. 73. Регистрация

Для этого необходимо в соответствующие поля ввести логин и пароль (только для зарегистрированных пользователей). Кликнуть левой клавишей мыши на кнопке «ВОЙТИ».

2.1. Если же вы, не зарегистрированный пользователь, то необходимо зарегистрироваться (рис. 74). Для этого кликните левой клавишей мыши на ссылке «ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ».

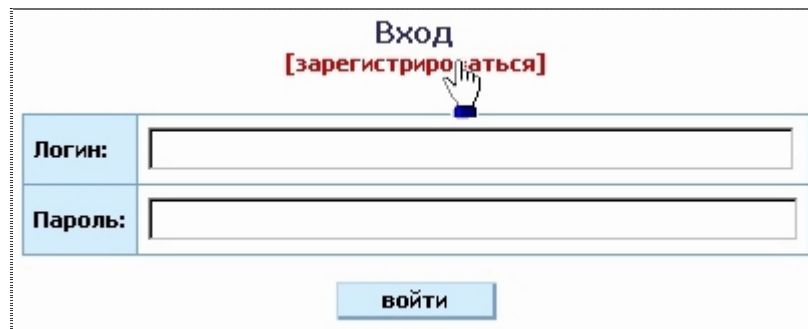


Рис. 74. Окна для регистрации

Появится окно (рис. 75), в котором будет предложено ввести ФИО (фамилию имя отчество) – данная информация необходима для преподавателя, логин – здесь нужно указать ваше любое имя которое задаете сами, либо его вам выдаст администратор компьютерной аудитории, с помощью логина система тестирования будет вас отличать от других пользователей, пароль – некоторое количество знаков (буквы, цифры) которые также как и логин можете задать сами, либо его вам выдаст администратор компьютерной аудитории (желательно чтобы пароль не совпадал с логином, имел более четырех знаков и был запоминаем вами). В строке группа вам следует указать вашу группу (левой клавишей мыши кликните на кнопке расположенной напротив строки группа, также как на рисунке).

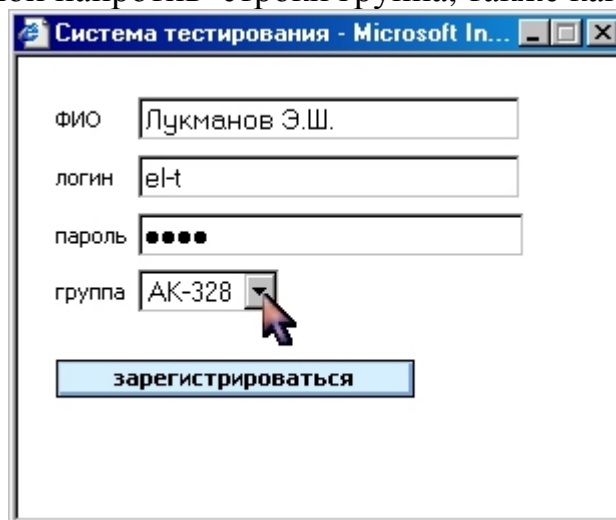


Рис. 75. Ввод данных пользователя

Появится выпадающее меню (рис. 76), где и выберите вашу группу, кликнув левой клавишей мыши на названии вашей группы.

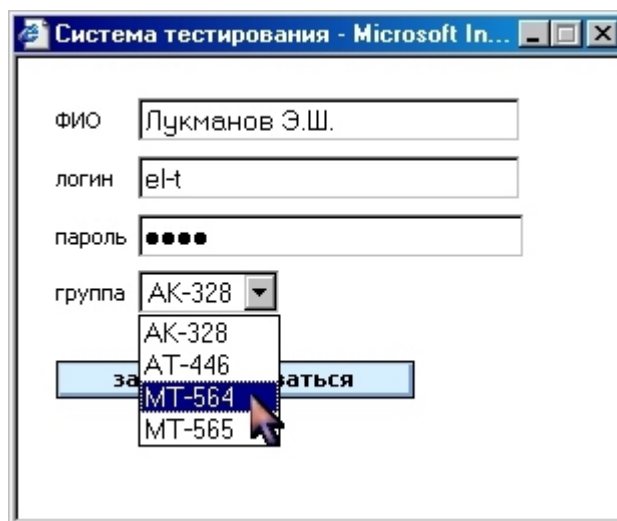


Рис.76. Ввод группы

Проверьте все введенные данные (обязательно все поля должны быть заполнены, иначе регистрация не произойдет), после чего можете кликнуть левой кнопкой мыши на кнопке «ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ» (рис. 77).

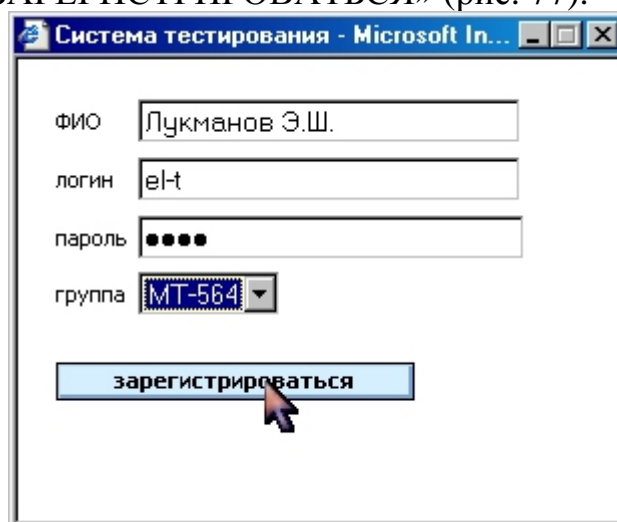


Рис. 77. Регистрация

Если какие-то поля не заполнены, то появится окно с соответствующим сообщением:

- не введены данные в строке ФИО (рис. 78)

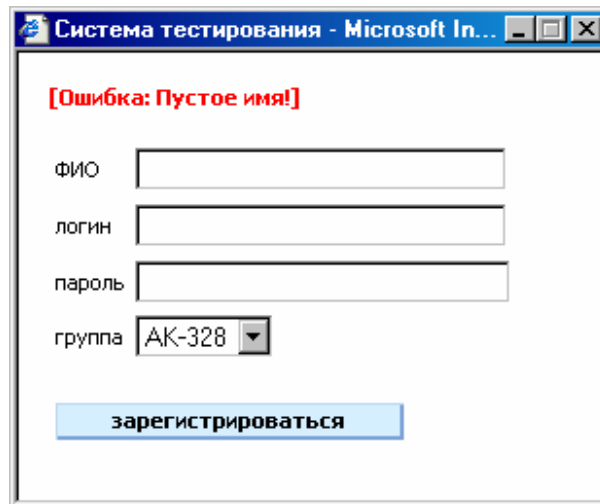


Рис. 78. Ответ системы

– не введены данные в строке логин (рис. 79)

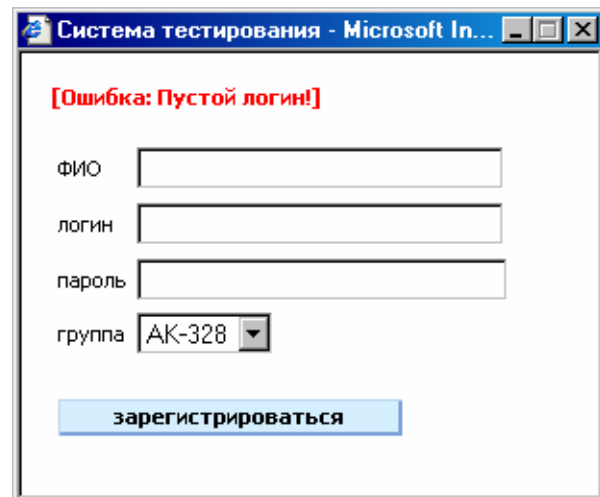


Рис. 79. Ответ системы

– не введены данные в строке пароль (рис. 80)

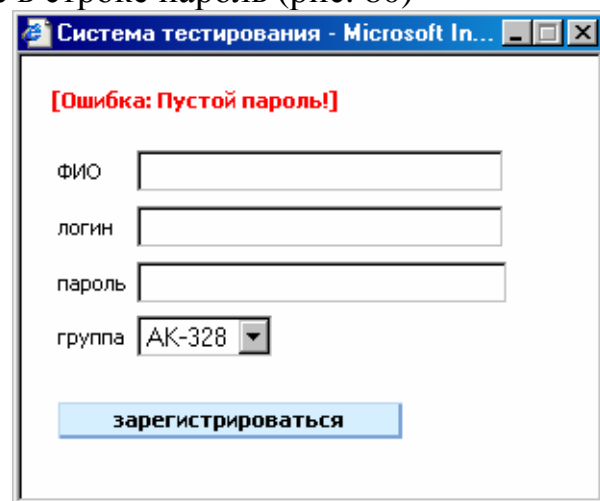


Рис. 80. Ответ системы

В том случае, если введенный логин уже существует, появится окно с сообщением о соответствующей ошибке (рис. 81). Необходимо заново ввести все данные и изменить логин на другой, отличный от предыдущего. После чего заново кликнуть на кнопке «ЗАРЕГИСТРИРОВАТЬСЯ».

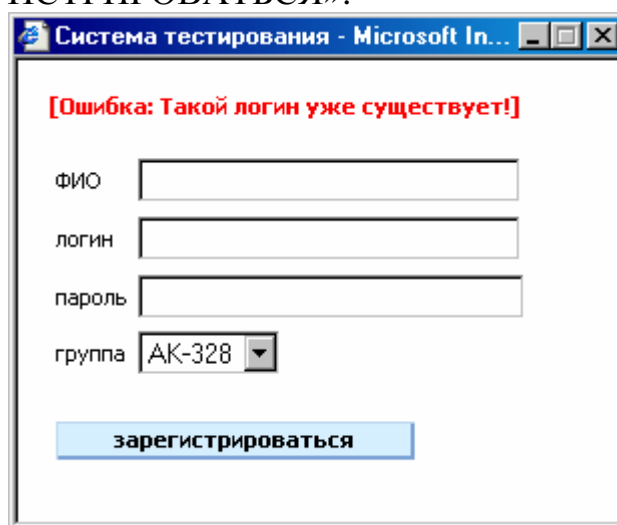


Рис. 81. Ответ системы

Если все данные введены, верно, появится окно с сообщением об успешной регистрации (рис. 82). В этом окне кликните левой клавишей мыши на кнопке «ЗАКРЫТЬ».

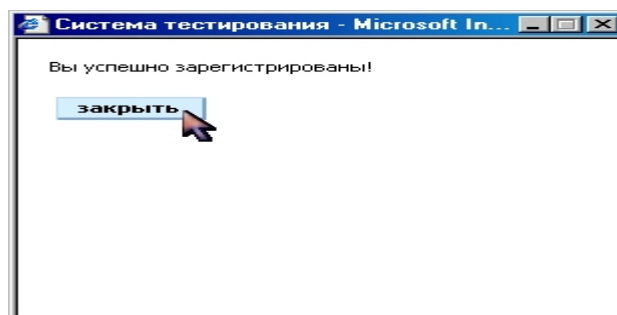


Рис. 82. Окончание регистрации

После того как вы зарегистрировались, для входа в систему тестирования необходимо произвести те действия, которые указаны в пункте 2 (см. рис. 73).

3. После нажатия левой клавишей мыши кнопки «ВОЙТИ» произойдет вход в систему тестирования, появится стартовая страничка (рис. 83).

Вверху страницы расположено главное меню (рис. 84).

Главное меню продублировано в центральной зоне с краткими пояснениями (рис. 85).

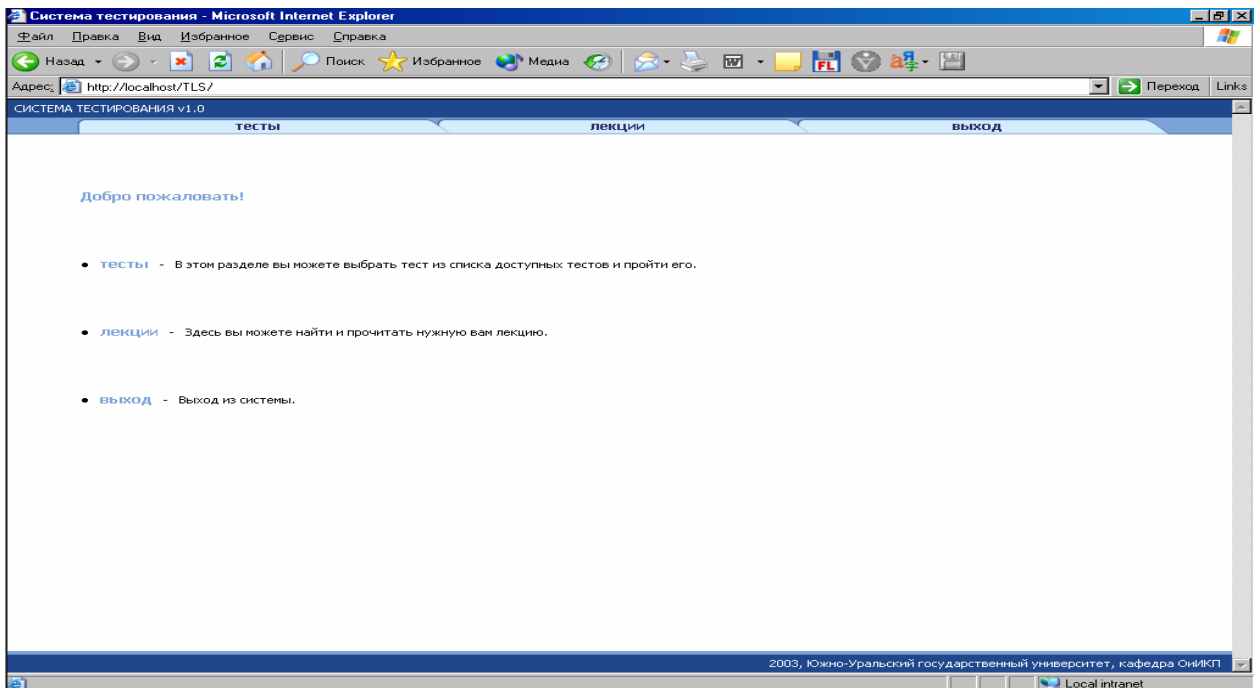


Рис. 83. Главное окно программы

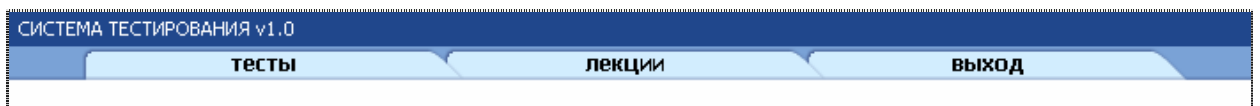


Рис. 84. Главное меню

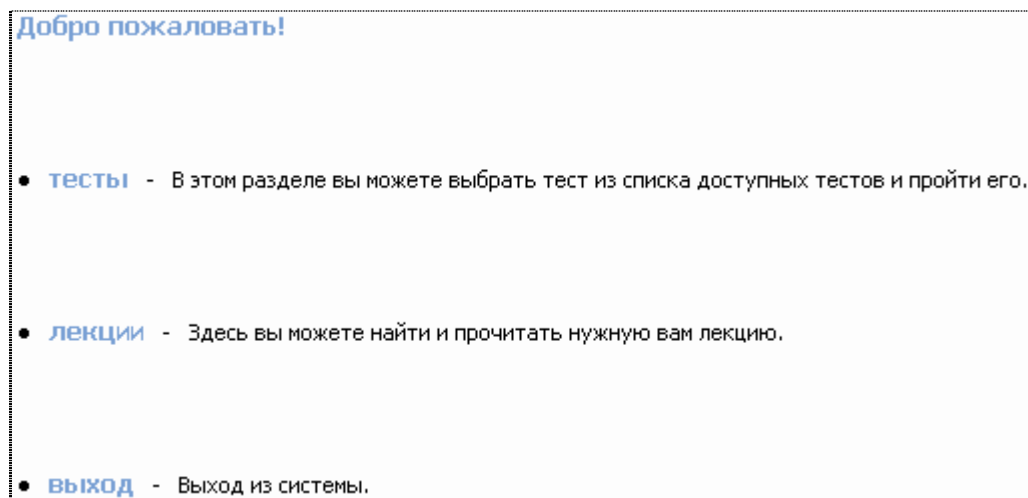


Рис. 85. Входное меню

Выполним вход в раздел тесты, кликнув левой клавишей мыши на соответствующем разделе «ТЕСТЫ» (рис. 86).

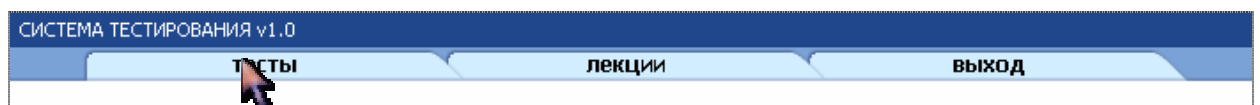


Рис. 86. Вход в “Тесты”



После этого будет отображаться раздел «ТЕСТЫ» в окне, которого будут предложены на выбор тесты, доступные для выполнения на данный момент (рис. 87).

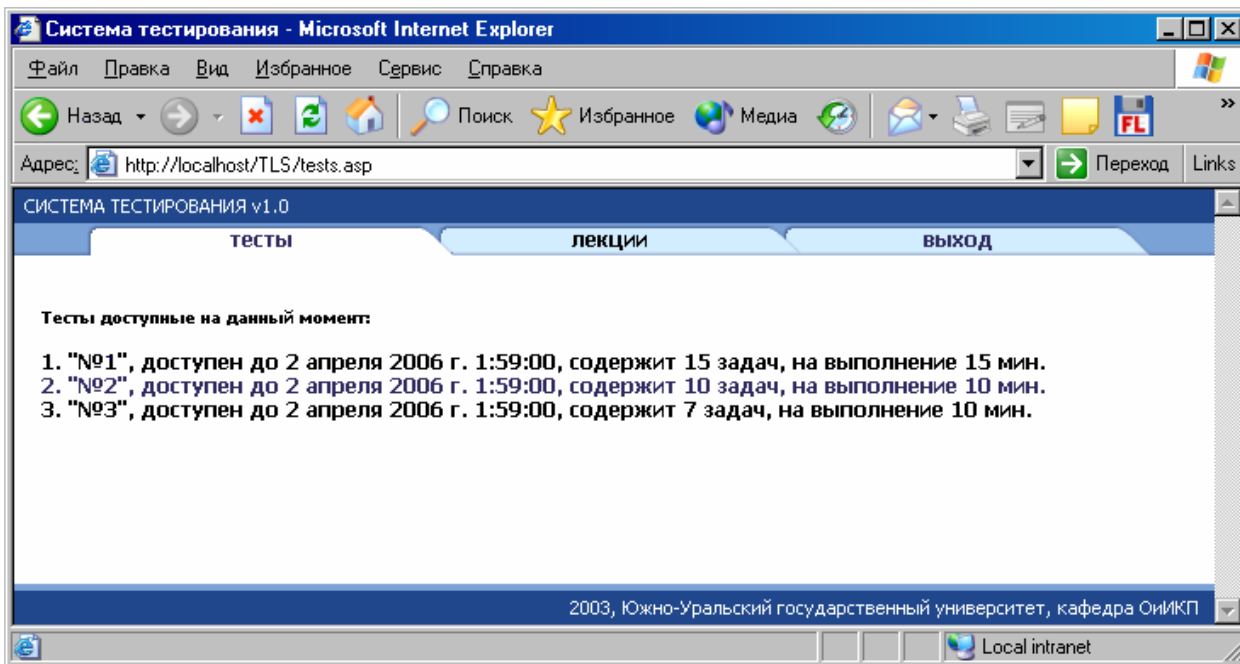


Рис. 87. Выбор теста

Для того чтобы выполнить нужный тест, необходимо кликнуть левой клавишей мыши на соответствующее название теста (рис. 88).

4. Далее появится подробное описание выполняемого теста: название теста, продолжительность теста, количество задач в тесте (рис.89).

Для того чтобы перейти к тестированию необходимо кликнуть левой клавишей мыши на кнопке «НАЧАТЬ ТЕСТИРОВАНИЕ».

5. Окно тестирования имеет несколько областей (рис. 90).

Вопрос теста и варианты ответа отображаются в области 1. В области 3 необходимо ввести вариант ответа и для продолжения нажать кнопку «ДАЛЕЕ». Если задача предполагает выбор ответа из списка, то в поле ввода ответа следует вводить номер ответа, показавшегося вам правильным. Если же задача предполагает числовой ответ, следует проконсультироваться у преподавателя, каким знаком нужно разделять дробную и целую часть числа (это зависит от того, как этот знак был задан при занесении задачи в базу данных),

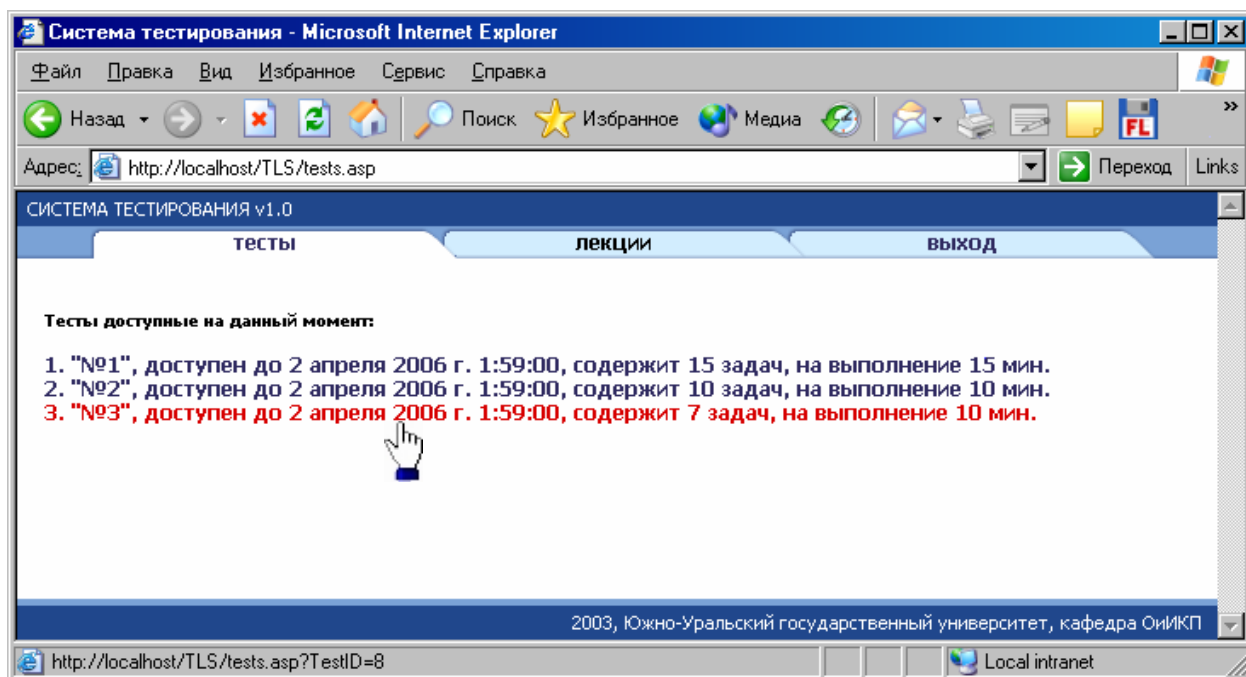


Рис. 88. Выбор номера теста

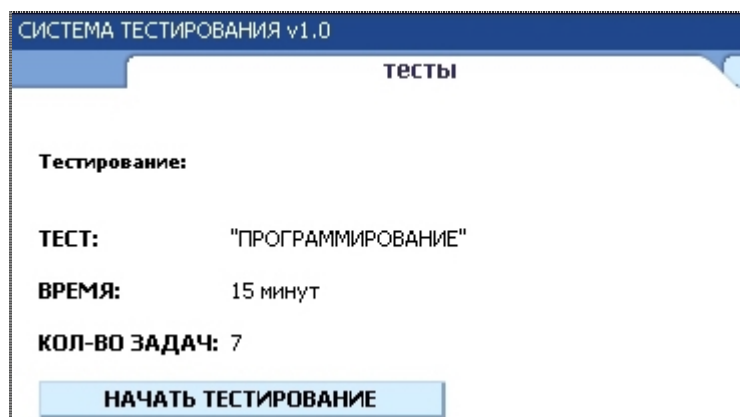


Рис.89. Начало тестирования

а также до скольких знаков после запятой производить округление, если это не указано в тексте задачи. В тексте задачи могут присутствовать пояснительные рисунки и формулы. В области 2 расположена кнопка «НАЗАД» для возврата к предыдущему вопросу теста. Таким образом, если затруднительно сразу ответить на вопрос, то к нему можно вернуться позже. Но, необходимо помнить, что на выполнение всего теста отведено ограниченное количество времени, оставшееся время отображается в области 4 (в минутах и секундах).

6. Теперь можно начать отвечать на вопросы теста. Выбрав вариант ответа, вводим его в поле «ОТВЕТ» и кликаем левой клавишей мыши на кнопке «ДАЛЕЕ» (рис.91).

Появится окно со следующей задачей (рис.92). Также в поле «ОТВЕТ» вводим один из вариантов ответа. И кликаем левой клавишей мыши на кнопке «ДАЛЕЕ».

Снова появится окно с новой задачей (рис. 93). Новые вопросы будут появляться до тех пор, пока все не закончится.

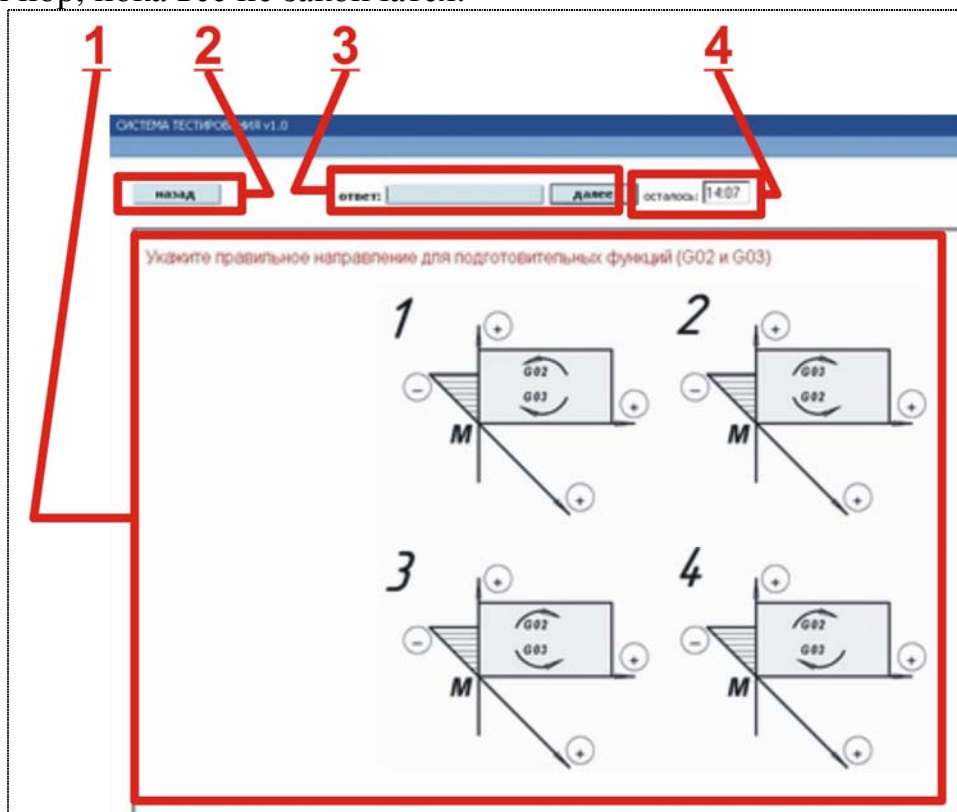


Рис. 90. Тестовая задача

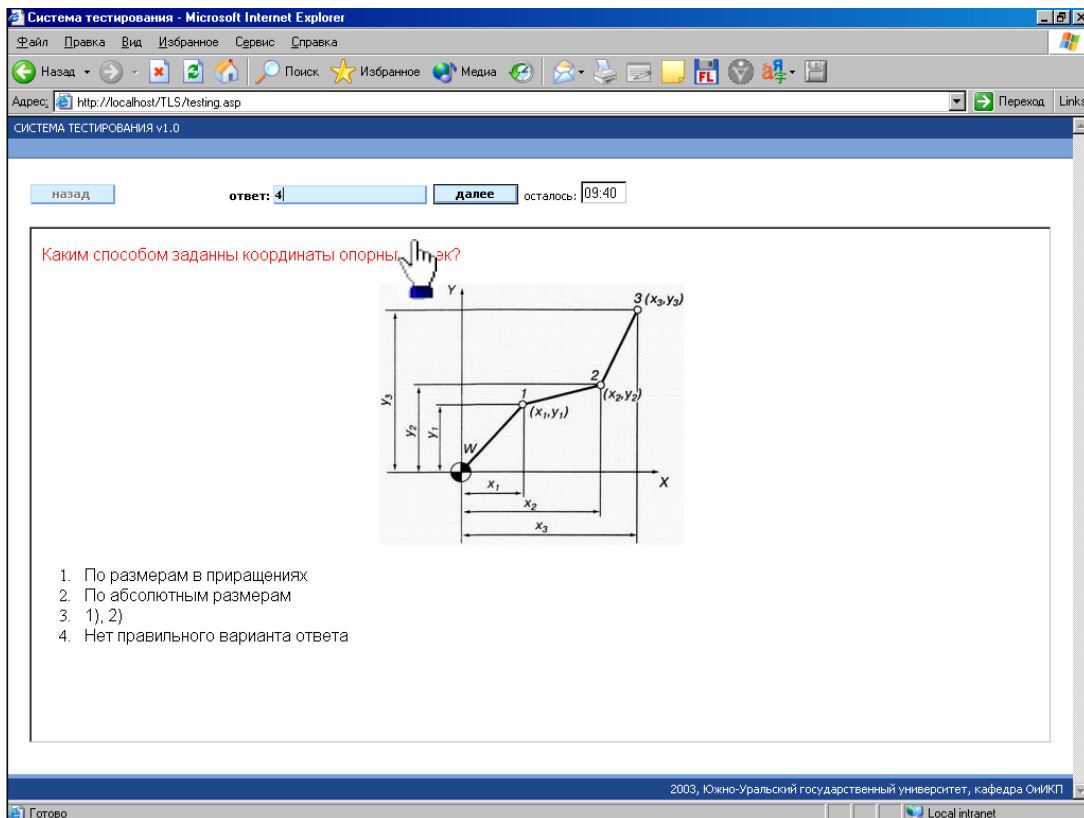


Рис. 91. Вопросы теста

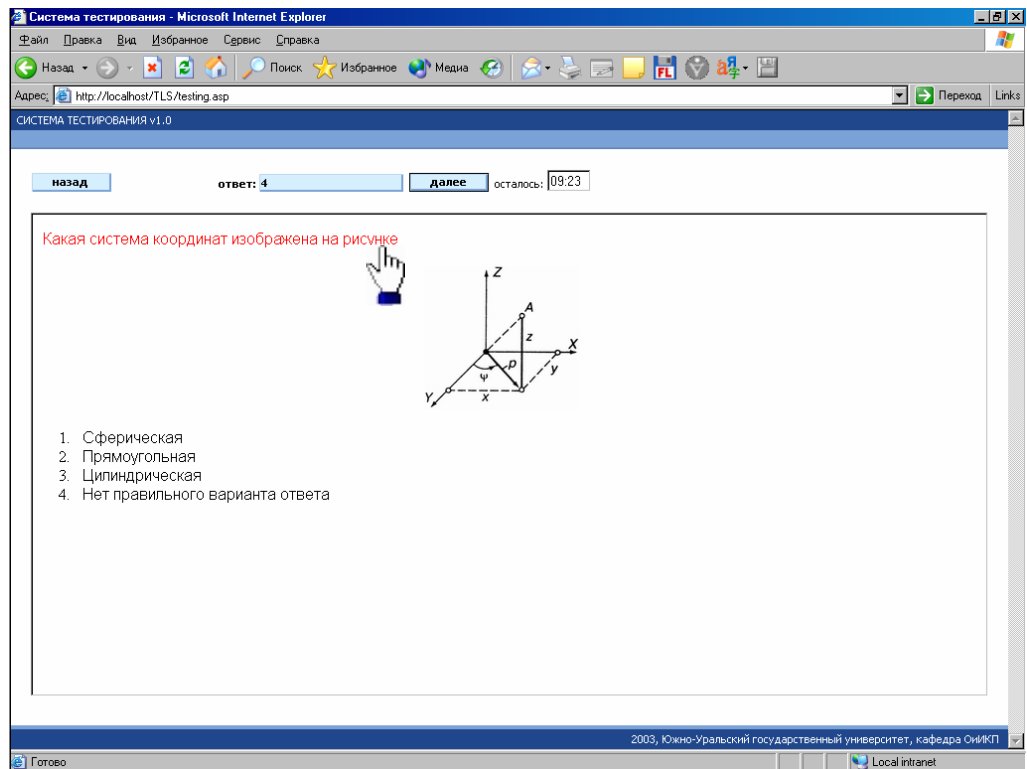


Рис. 92. Вопросы теста

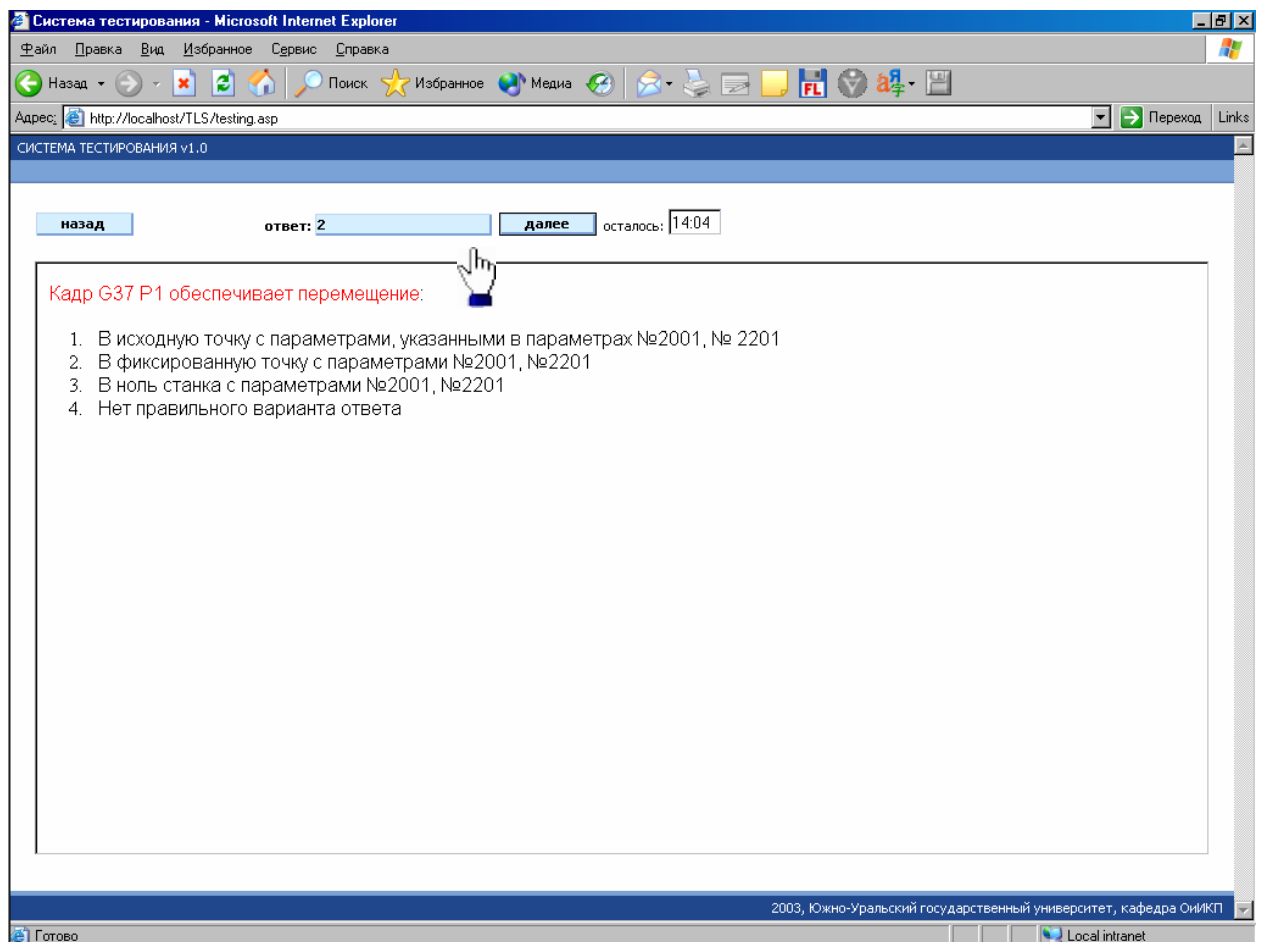


Рис. 93. Вопросы теста

7. Когда все вопросы закончатся или закончится отведенное время, появится сообщение об окончании тестирования (рис. 94).

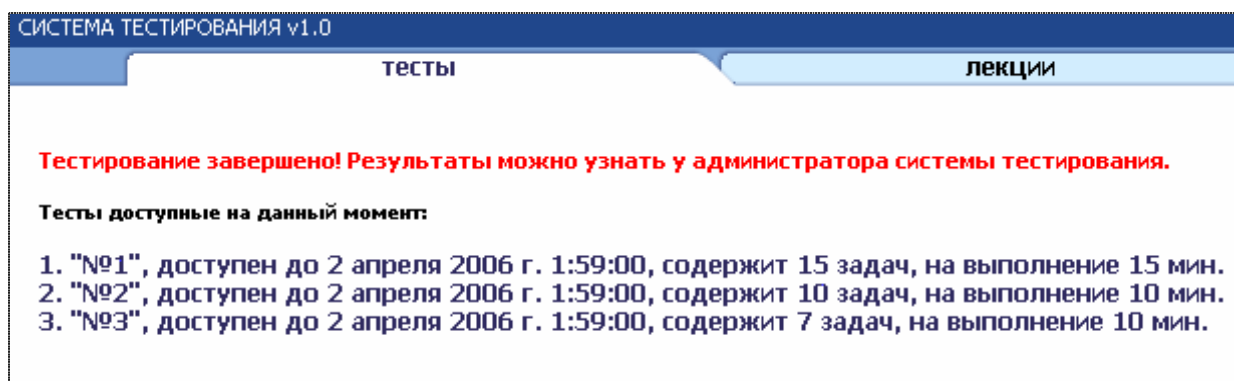


Рис. 94. Окончание тестирования

Все результаты тестирования можно узнать у администратора тестирования. У администратора тестирования имеется полная статистика пройденного теста, на какие вопросы даны верные ответы, на какие не верные ответы, количество верных ответов, количество не верных ответов.

8. После того как все тесты будут выполнены, необходимо выйти из системы тестирования. Для этого левой клавишей мыши кликните на кнопке «ВЫХОД» (рис. 95).

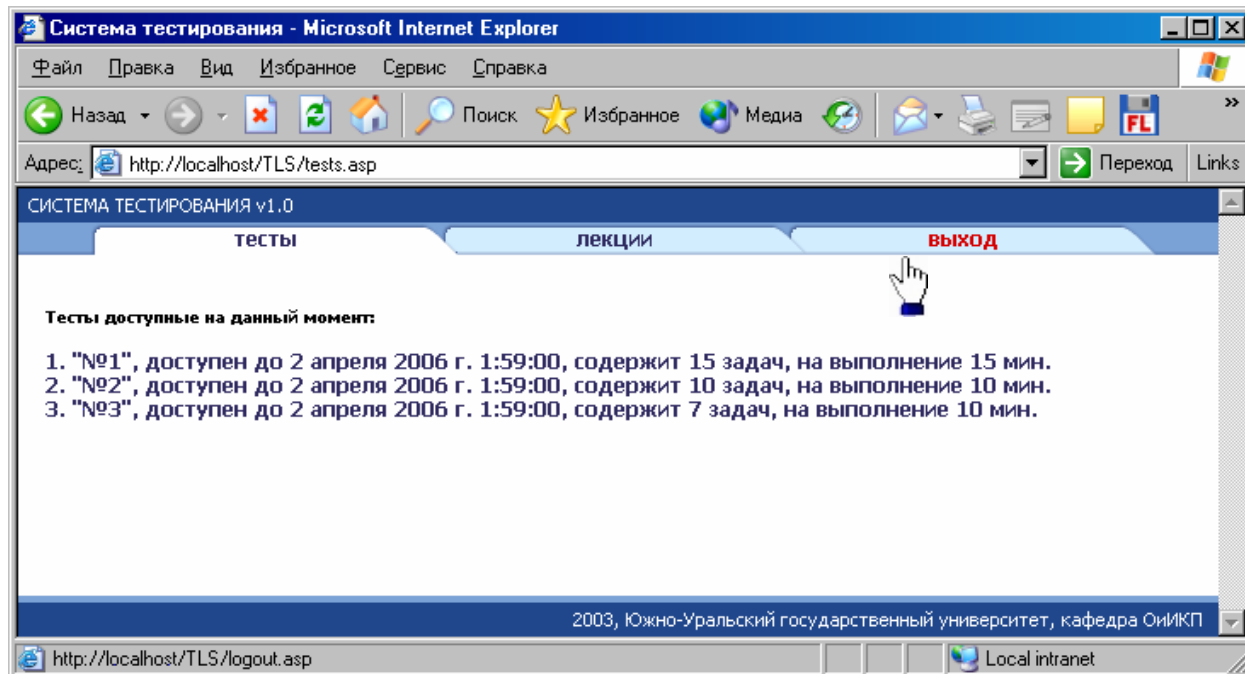


Рис. 95. Выход из программы

9. После чего произойдет переход к окну входа в систему тестирования (рис.96).

Теперь, если необходимо закройте браузер (Internet Explorer), кликнув левой клавишей мыши кнопку ☒.

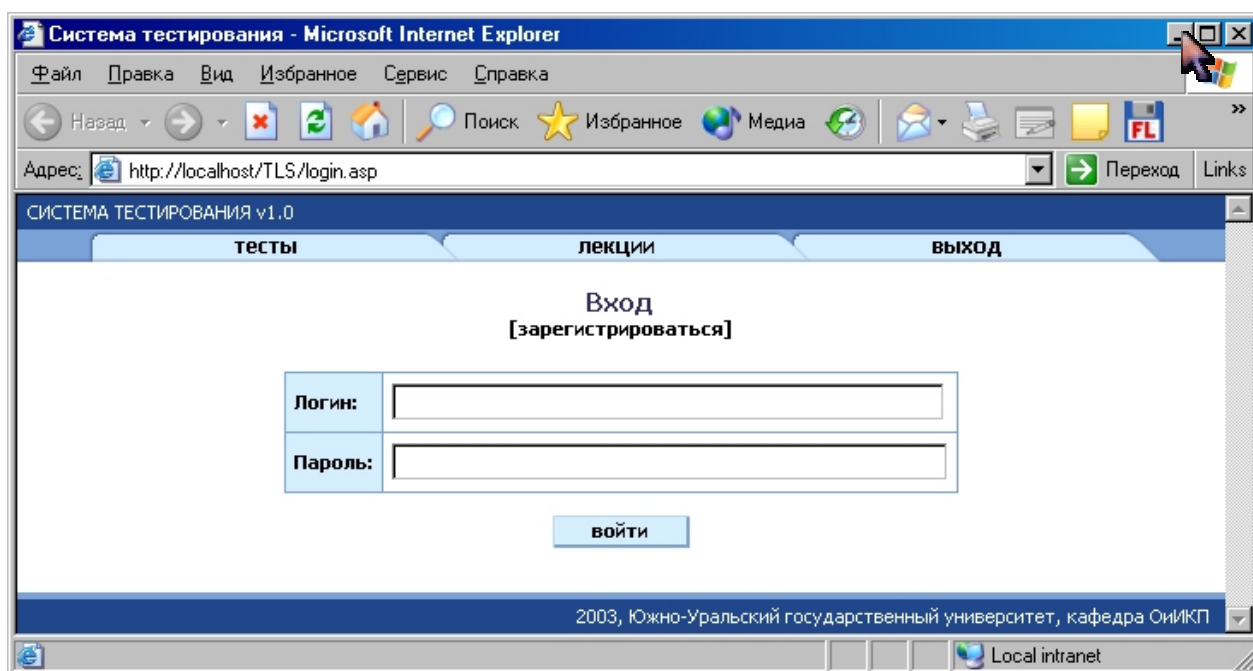


Рис. 97. Выход из системы

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Станки с компьютерным управлением: Учебное пособие/ П.Г. Мазеин, В.С. Столяров, С.В. Шереметьев и др. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – Ч.1. – 100 с.
2. Мазеин П.Г. Концепция современного учебного оборудования с компьютерным управлением/Вестник ЮУрГУ. Серия “Машиностроение”. – Вып.1. – N2 (2), 2003. – С. 13 – 19.
3. Мазеин П.Г., Лецковска С.А. Многофункциональные учебные комплексы (стендовые) на базе стружки и фрезерно-пробивной машины/ Годишник на БСУ. Юбилейно издание, Т.1. – Бургас: “ИРИТА” ЕООД, 2001. – С. 84 – 90.
4. Сверлильно-фрезерный станок с компьютерной СЧПУ: Учебное пособие/ П.Г. Мазеин, В.С. Столяров, С.В. Шереметьев и др. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001. – 80 с.
5. Компьютерный обучающий лабораторно-лекционный стенд “ Станок с ЧПУ”/ П.Г. Мазеин, А.В. Кастерин, Е.А. Рыжов, С.В. Шереметьев. – Челябинск: ЧГТУ, 1996. – 135 с.
6. Патент N35457 на полезную модель. Учебный сверлильно-фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ/ П.Г.Мазеин, В.С. Столяров, С.А. Псарев, Ю. С. Песоцкий, 2004.

7. Программа диагностирования управляющих программ для станков с компьютерными системами ЧПУ: Свидетельство N 50200300367 о госрегистрации в отраслевом фонде алгоритмов и программ РФ/ С.А. Псарев, П.Г. Мазеин, В.А. Пермяков, 2003.
8. Рабочее место оператора и наладчика сверлильно-фрезерного станка с ЧПУ: Свидетельство N 2003612177 об официальной регистрации программы для ЭВМ/ С.В. Шереметьев, П.Г. Мазеин, С.А. Псарев, С.К. Сергеев, 2003.
9. Рабочее место оператора и наладчика токарного станка с ЧПУ: Свидетельство N 2003612178 об официальной регистрации программы для ЭВМ/ С.В. Шереметьев, П.Г. Мазеин, С.А. Псарев и др., 2003.
10. Патент N35456 на полезную модель. Учебный токарный станок с компьютерной системой ЧПУ/ П.Г.Мазеин, В.С. Столяров, С.В.Шереметьев, С.К.Сергеев, 2004.
11. Патент N49640 на полезную модель. Учебный фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ/ П.Г.Мазеин, С.С. Панов, 2005.
12. Патент N50030 на полезную модель. Учебный сверлильно-фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ/ П.Г.Мазеин, Щербаков, Столяров и др., 2005.
13. Патент N 50329 на полезную модель. Учебный сверлильно-фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ/ П.Г.Мазеин, Щербаков К. М., В.А. Смирнов и др., 2005.
14. Учебный настольный фрезерный станок с компьютерной системой ЧПУ. Технические условия ТУ 9666–002–34566285–2005.
15. Чернов Е.А. Электропривод и электрооборудование в автоматизированном производстве. – М.: Машиностроение, 1992. – 304 с.
16. Электротехника: Учебное пособие для вузов. – В 3-х книгах. Книга II. Электрические машины. Промышленная электроника. Теория автоматического управления/Под ред. П.А. Бутырина, Р.Х. Гафиятуллина, А.Л. Шестакова. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2004. – 711 с.
17. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: В 3-х т. Т.1: Проектирование станков. – М.: Машиностроение, 1994. – 444 с.
18. Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ.– Л.: Машиностроение, 1990. – 588 с.
19. [http:// LabVIEW\\_ru.htm](http://LabVIEW_ru.htm). Шаговые двигатели.
20. Сосонкин В.Л. Программное управление технологическим оборудованием. – М.: Машиностроение, 1991. – 512 с.
21. Серебrenицкий П.П., Схиртладзе А.Г. Программирование для автоматизированного оборудования. – М.: Высшая школа, 2002. – 592 с.
22. Мазеин П.Г. Оборудование автоматизированных производств: Учебное пособие.– Челябинск: ЮУрГУ, 2000. – 151 с.
23. Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т./ А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г. Косилова и др., – 2003. – Т.1. – 913 с.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	3
1. Техническая характеристика станка.....	4
2. Приводы станка.....	5
3. Система управления станка.....	15
4. Программный интерфейс системы управления станком.....	15
5. Программирование обработки на станке.....	37
6. Работа на станке.....	53
7. Система технологического диагностирования управляющих программ.....	56
8. Система тестирования знаний.....	71
Библиографический список.....	85