

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ**

Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального  
образования

Ульяновский государственный университет

**А . Н . У н я н и н**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО  
ТЕХНОЛОГИИ АВТОМОБИЛЕ- И  
ТРАКТОРОСТРОЕНИЯ**

Методические указания

Ульяновск 2012

УДК 621.9 (075.8)

ББК 34.5я7

У

*Печатается по решению Ученого Совета  
инженерно-физического факультета высоких технологий  
Ульяновского государственного университета*

*Рецензент: технический директор ООО «Бау Мотор Корпорэйшн»,  
канд. техн. наук С. Е. Ведров*

**Унянин, А. Н.**

**У** **Лабораторные работы по технологии автомобиле- и тракторостроения: методические указания / А. Н. Унянин. – Ульяновск : УлГУ, 2012. – 43 с.**

В настоящих методических указаниях содержатся основные теоретические положения и рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология автомобиле- и тракторостроения». Содержание указаний соответствует требованиям государственного образовательного стандарта и рабочим программам дисциплины «Технология автомобиле- и тракторостроения» для студентов, обучающихся по направлению подготовки дипломированных специалистов по специальности 19020165 – Автомобиле- и тракторостроение всех форм обучения.

**УДК 621.9 (075.8)**

**ББК 34.5я7**

© А. Н. Унянин, 2012

© Ульяновский государственный университет, 2012

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Техника безопасности при выполнении лабораторных работ . . .	4
2. Методика выполнения лабораторных работ. Общие положения . . . . .	6
3. РАБОТА № 1. Работа с программой управления настольного сверлильно-фрезерного станка НФ-3Ф4 . . . . .	7
4. Работа № 2. Проектирование технологического процесса обработки заготовок на настольном сверлильно-фрезерном станке НФ-3Ф4 . . . . .	23
Библиографический список . . . . .	34
ПРИЛОЖЕНИЕ 1. Образец титульного листа отчета . . . . .	35
ПРИЛОЖЕНИЕ 2. Вторая и последующие страницы отчета по лабораторной работе № 1. . . . .	36
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. Пример оформления карты технологического процесса обработки заготовки на настольном сверлильно-фрезерном станке . . . . .	37
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. Пример оформления карты эскизов обработки заготовки на настольном сверлильно-фрезерном станке (фрезерование плоскости концевой фрезой) . . . . .	38
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. Пример оформления карты эскизов обработки заготовки на настольном сверлильно-фрезерном станке (обработка отверстий) . . . . .	39
ПРИЛОЖЕНИЕ 6. Пример управляющей программы для обработки заготовки на настольном сверлильно-фрезерном станке (фрезерование плоскости концевой фрезой) . . . . .	40
ПРИЛОЖЕНИЕ 7. Пример управляющей программы для обработки заготовки на настольном сверлильно-фрезерном станке (обработка отверстий) . . . . .	41

# 1. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

## 1.1. Общие положения

На первом лабораторном занятии со студентами проводится инструктаж по технике безопасности с последующей регистрацией и личной подписью студента в журнале по технике безопасности.

Перед выполнением лабораторной работы в целях исключения травматизма, а также поломки оборудования, технологической оснастки и приборов, каждого студента знакомят с правилами техники безопасности при выполнении соответствующей работы.

### ЗАПРЕЩАЕТСЯ:

- приступать к выполнению лабораторной работы без ознакомления с правилами техники безопасности;
- включать оборудование без разрешения учебного мастера или преподавателя;
- отводить или сметать стружку без применения специальных средств;
- касаться движущихся частей механизмов, инструмента и заготовки;
- подходить к оборудованию в расстегнутых халатах, с незаправленными под головной убор волосами;
- применять излишние усилия при работе с приборами.

### СТУДЕНТ ОБЯЗАН:

- выполнять только порученную преподавателем работу;
- сдавать свое рабочее место учебному мастеру или преподавателю чистым и в полном порядке;
- сообщать учебному мастеру или преподавателю о всех неполадках оборудования, приборов до и во время выполнения работы;
- знать места расположения и размещения средств пожаротушения и правила пользования ими;
- знать места расположения кнопок аварийного отключения главного движения и аварийного отключения системы управления станком;
- не вмешиваться в работу студентов, выполняющих другую лабораторную работу, если это не поручено преподавателем;

- перед началом работы заправить одежду, застегнуть рукава, убрать волосы под головной убор;
- подготовить рабочее место для безопасной работы, убрать все лишнее с рабочей площади и со станка;
- проверить и подготовить к работе технологическую оснастку и приборы;
- проверить целостность заземляющего провода и надежность его контактов;
- проверить исправность светильника местного освещения;
- убедиться в отсутствии трещин и сколов на режущей кромке инструмента;
- надежно закрепить заготовку и режущий инструмент;
- перед включением станка убедиться, что его пуск никому не угрожает;
- использовать указанные преподавателем условия и режим обработки и всякое их изменение согласовывать с преподавателем;
- для защиты глаз пользоваться защитными очками;
- не производить установку и подналадку режущего инструмента во время работы оборудования.

## **1.2. Правила техники безопасности при работе на станках**

- Не измерять размеры заготовки и не наклоняться к ней близко при вращающемся шпинделе станка;
- не допускать излишне большого вылета инструмента;
- не тормозить рукой или другим способом вращающийся шпиндель;

## **1.3. Правила техники безопасности после окончания работы на технологическом оборудовании**

- После окончания работы или при длительных перерывах выключать оборудование;
- сдавать рабочее место чистым и в полном порядке.

## **2. МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ**

Студент допускается к выполнению лабораторной работы только после проверки знания им теоретических положений, цели, задач, содержания и порядка выполнения работы. Студенты, имеющие неудовлетворительные знания, к ее выполнению не допускаются.

Студенты, выполняющие лабораторную работу, должны:

- изучить правила техники безопасности, касающиеся выполняемой работы;
- ознакомиться со средствами технологического оснащения;
- изучить технику проведения экспериментов и порядок обработки их результатов.

Результаты работы оформляют в виде отчета на листах формата А4.

Первую страницу (титульный лист) оформляют по образцу, приведенному в приложении 1.

Работа считается выполненной после просмотра и подписи отчета преподавателем.

Выполненная работа защищается перед преподавателем, ведущим занятия.

### **3. Работа № 1. РАБОТА С ПРОГРАММОЙ УПРАВЛЕНИЯ НАСТОЛЬНОГО СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОГО СТАНКА НФ-3Ф4**

#### **3.1. Цель работы**

Получение практических навыков работы с программой управления «STEPPER-CNS».

#### **3.2. Особенности проектирования технологических процессов изготовления деталей на станках с числовым программным управлением**

В соответствии с международной классификацией устройства числового программного управления (ЧПУ) по уровню технических возможностей делятся на классы:

- NC (Numerical Control);
- SNC (Stored Numerical Control);
- CNC (Computer Numerical Control);
- DNC (Direkt Numerical Control);
- HNC (Handled Numerical Control).

К системам класса NC (SNC) относятся устройства ЧПУ первого, второго и третьего поколений. Особенностью систем класса CNC и HNC является управление от микро ЭВМ, что обуславливает их большую гибкость.

Для оценки устройств ЧПУ используют ряд характеристик:

- число программируемых координат;
- число одновременно управляемых координат;
- дискретность задания координат, мм;
- вид интерполяции (линейная, круговая, объемная, винтовая);
- смещение начала (нуля) отсчета (программируемое);
- зеркальная отработка программы;
- отработка программы в масштабах;
- коррекция размеров инструмента и элементов станка;
- способ задания размеров в приращениях;
- наличие постоянных циклов;

- наличие системы редактирования управляющей программы (УП);
- способ задания перемещений функциями (параметры);
- максимальная скорость привода (быстрота перемещения), мм;
- предельная скорость рабочей подачи, мм/мин;
- наличие системы диагностики и самодиагностики;
- расширение функций языка программирования;
- наличие диалогового режима;
- тип управляемого привода;
- вводы – выходы (интерфейс и др.).

По числу программируемых (управляемых) координат системы ЧПУ могут быть 2, 3, 4, 5-и координатные и более. Помимо перемещения рабочих органов станка вдоль осей координат программируются также повороты инструмента, стола с заготовкой. Современные системы обеспечивают согласованные перемещения по нескольким координатам.

В маркировке станков указывается класс программного управления:

- Ф1 – с числовой индикацией положения и ручным вводом данных;
- Ф2 – с позиционной системой;
- Ф3 – с контурной системой;
- Ф4 – с универсальной позиционно-контурной системой;
- Ф5 – с универсальной контурной.

Позиционные системы применяются, когда необходимо обеспечить точное позиционирование заготовки или режущего инструмента. Эти системы используются, в частности, на расточных и сверлильных станках. Контурные системы используются, когда необходимо согласованное движение двух или нескольких рабочих органов станка, например, при точении и фрезеровании фасонных поверхностей.

Различают следующие системы координат станков с ЧПУ:

1. Система координат станка (СКС), в которой определяется положение рабочих органов станка и других систем координат.

2. Система координат детали (СКД), которую часто используют при разработке управляющих программ. Направление СКД целесообразно принимать совпадающим с направлением СКС; координатные плоскости СКД желательно совмещать или располагать параллельно технологическим базам заготовки.

3. Система координат инструмента (СКИ) служит для задания положения его формообразующих элементов.

До обработки заготовки на станке должно быть известно положение СКИ и СКД в СКС.

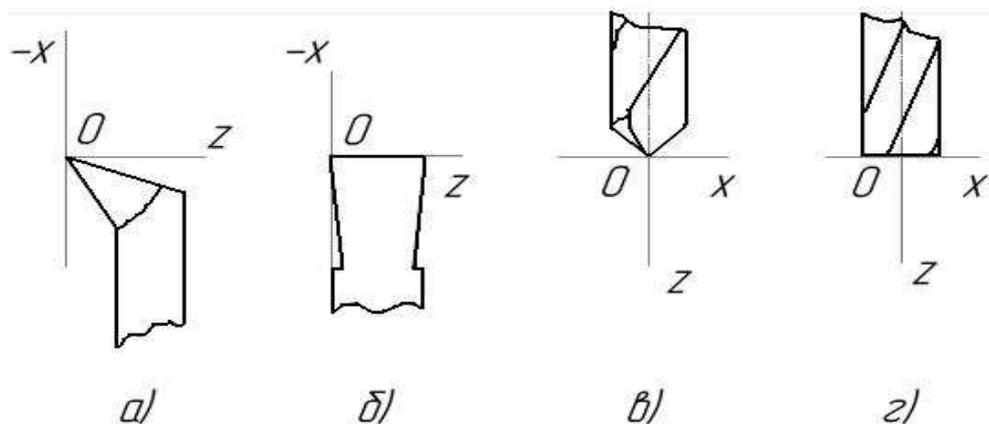
СКС является основной. Все перемещения рассматривают в правосторонней прямоугольной системе координат. Положение оси  $Z$  совмещают с осью вращения инструмента или заготовки (если вращается заготовка). На станках всех типов движение сверла из заготовки определяет положительное направление оси  $Z$ .

Если станок имеет один рабочий орган (стол или суппорт), систему координат, используемую для задания его перемещений, обозначают  $XYZ$ . Если станок имеет несколько рабочих органов, для задания их перемещений используют другую систему координат: для второго органа  $UVW$ , для третьего –  $PQR$ . Круговые перемещения рабочего органа по отношению к координатным осям  $X, Y, Z$  обозначают  $A, B, C$ . Положительными направлениями вращения вокруг осей являются вращения по часовой стрелке, если смотреть с конца оси.

Для облегчения программирования используется метод относительного программирования, когда условно считают, что заготовка неподвижна, а инструмент перемещается.

Траекторию движения инструмента чаще разрабатывают в СКД. Прежде всего, выбирают исходную точку траектории исходя из удобства установки заготовки, смены инструмента и минимизации вспомогательных перемещений. Затем определяют координаты опорных точек траектории. Опорной называется точка, в которой изменяется направление или характер траектории, а также скорость перемещения рабочего органа. Траекторию инструмента рассчитывают для определенной его точки (рис. 3.1).

Учебный настольный фрезерный станок модели НФ-3Ф4 (JMD-1) с компьютерным управлением, выполненный на базе станка с ручным управлением, предназначен для сверления отверстий, фрезерования и гравирования в автоматическом режиме 2-х и 3-х мерных поверхностей на заготовках из дерева и пластмасс (рис. 3.2).



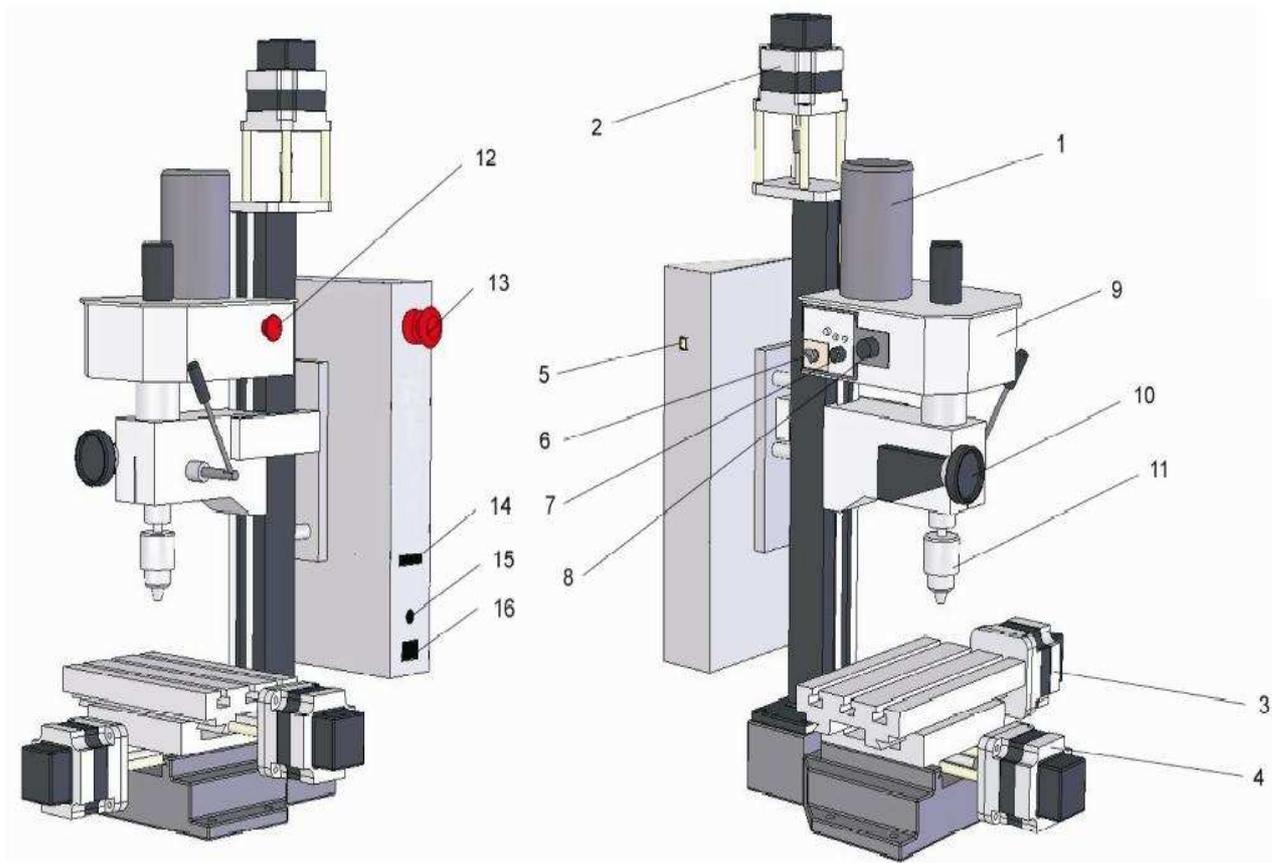
**Рис. 3.1. Программируемые точки инструментов:** а – подрезной резец; б – отрезной (канавочный) резец; в – сверло; г – концевая фреза

### 3.3. Техническая характеристика станка НФ-3Ф4

Управление станком осуществляется от персонального компьютера в системе Windows. Управляющие программы для обработки деталей составляются с использованием стандартных функций. Компьютерные имитаторы станка и устройства числового программного управления позволяют имитировать обработку на станке (обрабатывать виртуальную деталь по созданной управляющей программе), а затем запускать станок на изготовление реальной детали.

Станок является бесконсольно-фрезерным, имеет крестовый стол (координаты  $X, Y$ ); по направляющей стойке перемещается фрезерная головка (координата  $Z$ ). Количество одновременно управляемых координат – три. Привод главного движения (вращение инструмента) осуществляется от коллекторного двигателя постоянного тока через зубчатременную передачу и двойной блок. Приводы подач на перемещение крестового стола в горизонтальной плоскости и шпиндельной головки в вертикальной осуществляются от шаговых двигателей через винтовые пары. Приводы подач обеспечивают бесступенчатое регулирование скоростей подач. Для управления станком используется ЧПУ класса *PCNC*. Программа *STEPPER-CNS* обеспечивает поддержку общепромышленного стандарта программирования станков с ЧПУ –

*GCODE RS-274* с базовым набором основных команд. Управляющая программа имеет встроенный имитатор работы станка с ЧПУ, позволяющий отлаживать и тестировать программы без подключенного станка на его виртуальной трехмерной модели.

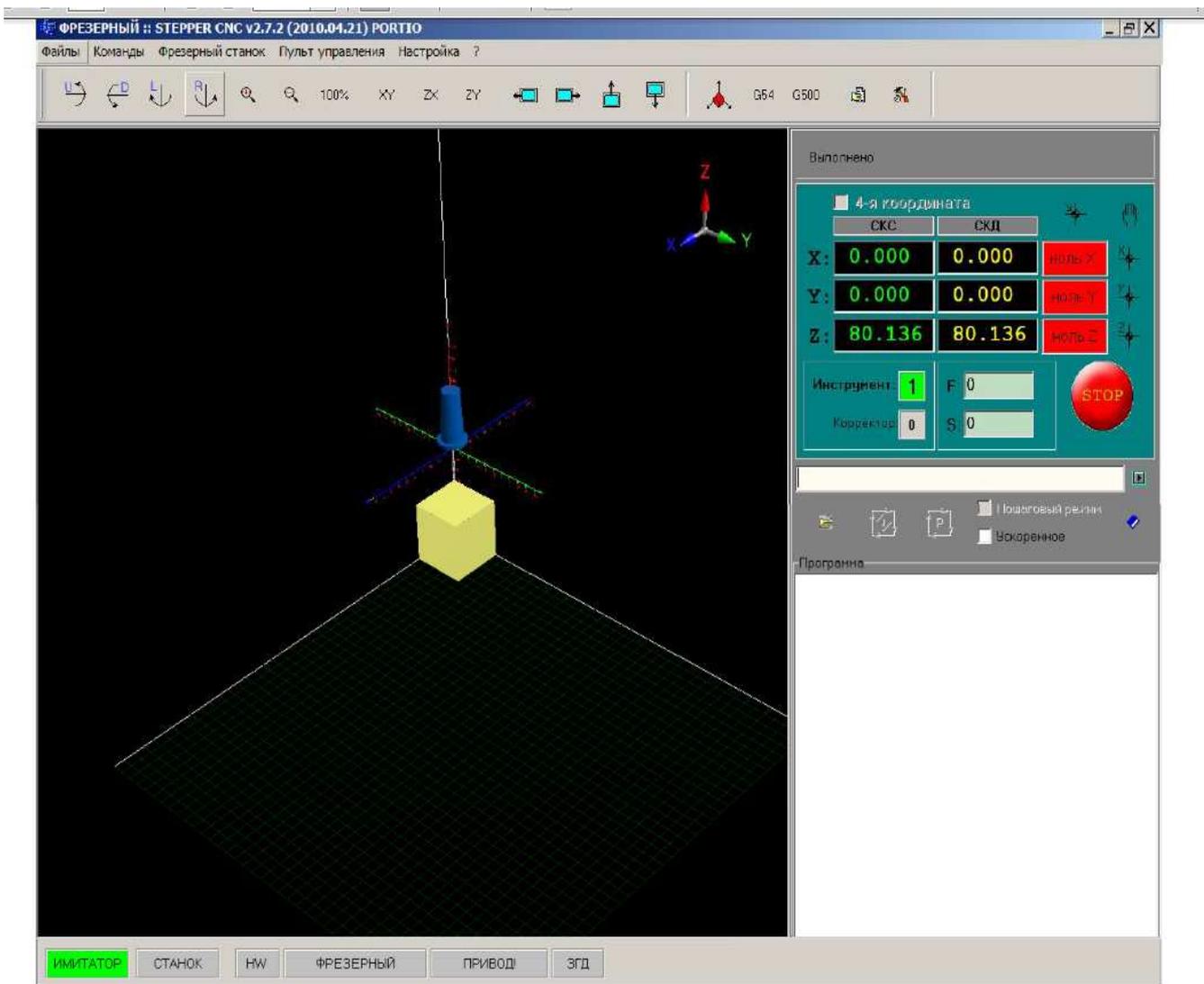


**Рис. 3.2. Общий вид станка:**

1 – двигатель главного движения; 2 – шаговый двигатель (ШД) оси Z;  
 3 – ШД оси X; 4 – ШД оси Y; 5 – порт *USB*; 6 – переключатель направления вращения шпинделя; 7 – маховик регулировки скорости вращения шпинделя; 8 – маховик переключения скорости вращения; 9 – коробка передач привода главного движения; 10 – маховик микроподачи; 11 – патрон шпинделя;  
 12 – кнопка аварийного отключения главного движения; 13 – кнопка аварийного отключения системы управления; 14 – порт расширения; 15 – предохранитель; 16 – порт питания (220 В)

### 3.4. Программа управления

Программа запускается с помощью ярлыка «*STEPPER-CNS*» на рабочем столе или через меню «Пуск -> Программы -> *STEPPER CNC*», после чего появляется главное окно программы (рис. 3.3).



**Рис. 3.3. Главное окно программы**

Нажатием на индикаторы режимов **СТАНОК** или **ИМИТАТОР** можно производить переключение между режимами.

Назначение индикаторов панели инструментов (рис. 3.4) следующее.



**Рис. 3.4. Панель инструментов**

**G500** – вызов диалога настройки функции G500 (сообщения пользователя).

**G92** – вызов диалога настройки функции G92 (система координат детали).



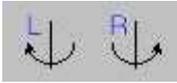
– системные сообщения.



– вызов диалога «Настройка оборудования».



– окно вывода графика скорости приводов.



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



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



– увеличить изображение.



– уменьшить изображение.



– изображение 100 %.



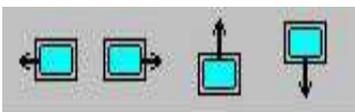
– вид на плоскость  $OXY$ .



– вид на плоскость  $OZX$ .



– вид на плоскость  $OZY$ .



– перемещение окна имитатора по экрану.

Основная панель управления программы находится справа в главном окне программы (рис. 3.5).

Панель координат панели управления предназначена для отображения положения суппорта в СКС и СКД (рис. 3.6).

Панель нулевого положения (рис. 3.7) отображает нулевое положение суппорта. Содержит индикаторы нулевого положения «ноль  $X$ », «ноль  $Y$ » и «ноль  $Z$ », а также кнопки вывода суппорта в ноль по координатам  $X$ ,  $Y$  и  $Z$  (рис. 3.8).



Рис. 3.5. Панель управления

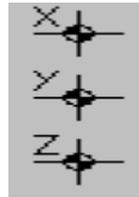
	СКС	СКД
X:	0.000	0.000
Y:	0.000	0.000
Z:	0.000	0.000

Рис. 3.6. Панель координат



Рис. 3.7. Панель нулевого положения

Информационная панель (рис. 3.9) служит для отображения информации о текущем корректоре инструмента и номере инструмента, а также о текущей скорости суппорта  $F$  и скорости главного движения  $S$ .



**Рис. 3.8. Кнопки вывода суппорта в ноль**



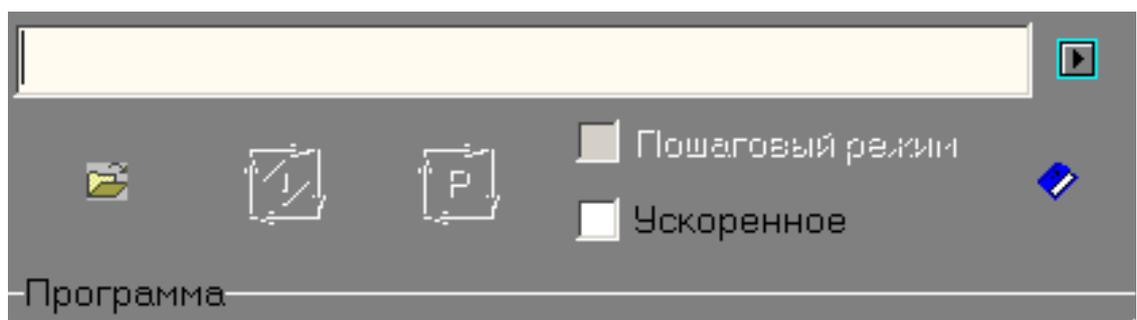
**Рис. 3.9. Информационная панель**

Командная строка (рис. 3.10) 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. 3.10. Командная строка**

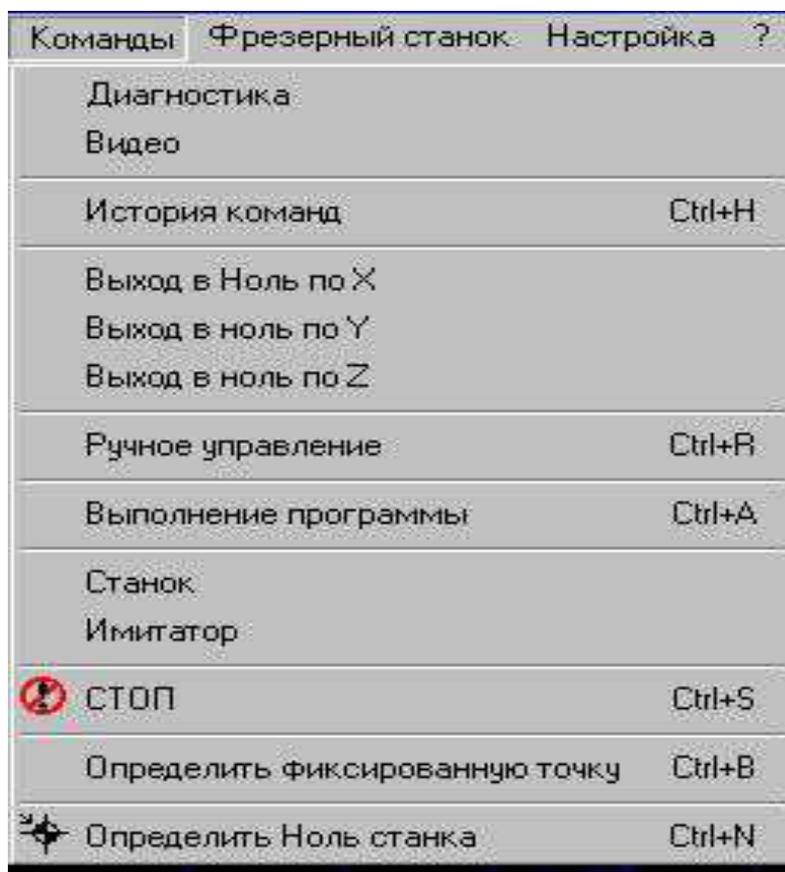
Панель автоматического режима (рис. 3.11) предназначена для управления автоматическим выполнением управляющей программы (УП).



**Рис. 3.11. 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 при выполнении УП на фрезерном станке можно ускорить визуализацию перемещений инструмента, установив флаг «Ускоренное».

Меню КОМАНДЫ содержит команды, приведенные на рис. 3.12.



**Рис. 3.12. Меню «Команды»**

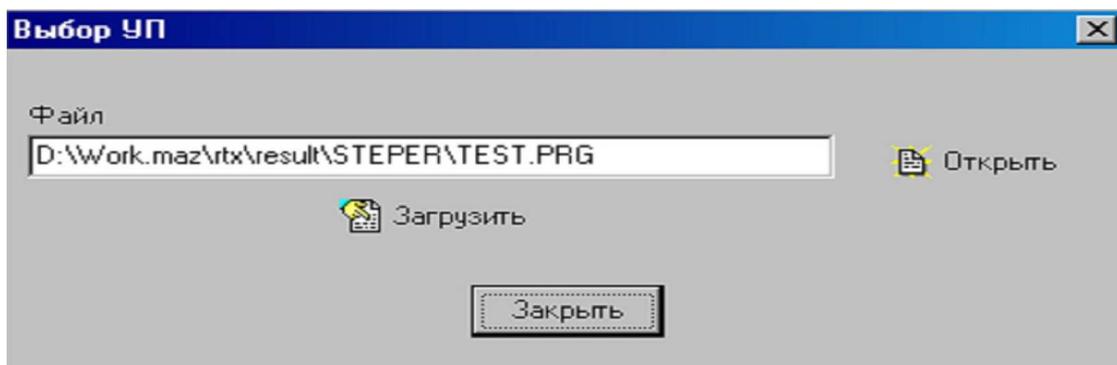
«История команд» – выводит окно со списком команд, вводимых пользователем с командной строки системы. Историю команд можно сохранить в текстовый файл, нажав кнопку «Сохранить». Очистить историю команд можно, нажав кнопку «Очистить». Выбрав команду и нажав клавишу

«Enter», пользователь может переместить выбранную команду в командную строку системы (та же операция возможна с использованием двойного щелчка правой кнопкой «мыши»).

Кнопки «Выход в ноль по  $X$ », «Выход в ноль по  $Y$ », «Выход в ноль по  $Z$ » предназначены для вывода в Ноль станка по указанной координате. Нажатие на кнопку «Ручное управление» выводит в главном окне панель ручного управления, с помощью этого окна можно перемещать суппорт станка «вручную». Координаты в окне отображаются в системе координат станка.

Нажатие на кнопку «Выполнение программы» выводит окно (рис. 3.13). Открытие диалога выбора файла УП производится нажатием кнопки «Открыть». Чтобы загрузить выбранную УП в систему, следует нажать кнопку «Загрузить», после чего текст УП будет отображен на лицевой панели программы в разделе «Программа».

При нажатии на кнопку «Определить Ноль станка» текущее положение суппортов станка принимается за Ноль станка. Счетчики координат сбрасываются в ноли. В дальнейшем команда «Выход в Ноль по  $X$ » ( $Y$ ,  $Z$ ) будет производить перемещение в данную точку на станке.



**Рис. 3.13. Окно выбора управляющей программы**

Меню «Настройка» содержит настройки программы, отвечающие за корректную работу системы. «Система координат детали» данного меню выводит окно, используемое для привязки СКД к СКС. После установки значений координат  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  следует нажать кнопку «Установить».

При нажатии на клавишу «Размер заготовки» в меню «Фрезерный станок» задаются размеры заготовки по осям  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  (в миллиметрах) и положение заготовки относительно СКС.

Вкладка «Ноль станка» позволяет выбрать координату Ноля станка в абсолютной системе координат.

Чтобы задать Ноль станка при работе в режиме «Станок», следует вывести инструмент в точку, которая будет принята за ноль, и нажать кнопку  на панели управления. Последующие команды выхода в Ноль станка будут выводить суппорт в эту точку.

Чтобы привести изображение Имитатора в соответствие режиму «Станок», необходимо выполнить следующие действия:

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.

Для запуска управляющей программы необходимо нажать кнопку  на панели управления, выбрать нужный файл с программой и нажать кнопку «Загрузить». Текст управляющей программы будет загружен в окно «Программа» на панели управления. Затем следует вывести суппорт в Ноль станка и нажать кнопку  на панели управления, после чего начнется выполнение программы. Для остановки выполнения программы или отдельной команды следует нажать кнопку «Стоп».

### 3.5. Содержание работы

Следует изучить конструкцию станка НФ-3Ф4, правила работы на станке, программное обеспечение «STEPPER-CNS», с тем, чтобы использо-

вать полученные знания для работы на компьютере в режиме ИМИТАТОР и управления станком.

### 3.6. Средства технологического оснащения

- Настольный сверлильно-фрезерный станок НФ-3Ф4.
- Компьютер.
- Заготовки, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда.
- Тиски с винтовым зажимом.
- Штангенциркуль ШЦ-1.

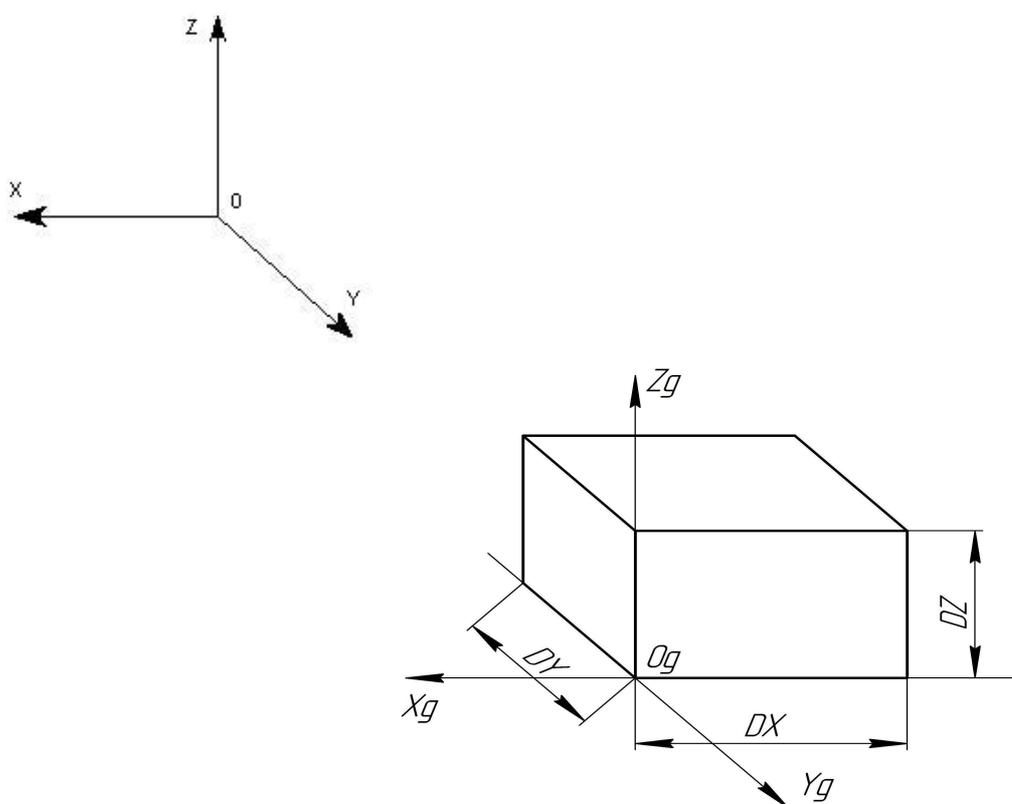
### 3.7. Порядок выполнения работы

- Изучают конструкцию станка НФ-3Ф4 и правила работы на станке.
- Изучают программное управление «STEPPER-CNS».
- Запускают программу на компьютере и работают в режиме ИМИТАТОР.
  - Выбирают вкладку «Инструмент», тип и параметры инструмента.
  - Выбирают вкладку «Размер заготовки» и задают размеры заготовки  $DX$ ,  $DY$ ,  $DZ$  по координатам  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$  и положение заготовки относительно СКС.
  - Открывают меню «Команды».
  - Выбирают вкладку «Ручное управление».
  - Перемещают «вручную» суппорт станка по координатам, указанным преподавателем.
  - Закрывают вкладку «Ручное управление».
  - Вызывают диалог настройки функции G92 «Система координат детали», нажав кнопку  на панели инструментов.
  - Устанавливают значения всех координат детали относительно СКС, равные нулю, после чего закрывают окно.
  - В командную строку, расположенную справа в главном окне программы, вводят отдельные команды на перемещение суппорта, указанные преподавателем.

– Для выполнения команды нажимают клавишу «Enter» на клавиатуре или кнопку .

– Фиксируют координаты суппорта в СКС и СКД, которые отображаются на панели координат.

– Вновь вызывают диалог настройки функции G92 и устанавливают значения координат детали относительно СКС (OXYZ), отличные от нуля (рис. 3.14). Ноль детали ( $O_d$ ) можно совместить с точкой пересечения боковых поверхностей заготовки.



**Рис. 3.14. Система координат детали**

– В меню «Команды» открывают окно «История команд» со списком команд, вводимых пользователем с командной строки системы. Выбрав команду, и нажав клавишу «Enter», перемещают команду в командную строку системы.

– Выполняют команды и фиксируют координаты суппорта в СКС и СКД.

- Открывают диалог загрузки управляющих программ, нажав кнопку  на панели управления.
- Выбирают нужный файл управляющей программы и нажимают кнопку «Загрузить».
- Запускают программу, нажав кнопку  на панели управления.
- Производят переключение управляющей программы в режим СТАНОК, нажав на индикатор режимов СТАНОК на панели статуса главного окна программы.
- Выводят на станке инструмент в позицию, которая будет принята за ноль станка.
- Производят переключение в режим ИМИТАТОР.
- Выводят инструмент на имитаторе в ту же позицию.
- Производят переключение в режим СТАНОК.
- Нажимают на кнопку  «Определить ноль станка».
- В режиме СТАНОК выполняют отдельные команды, осуществляют ручное перемещение, запускают станок на выполнение программы аналогично тому, как это выполнялось в режиме ИМИТАТОР.

### 3.8. Содержание отчета

Вторую (после титульной) и последующие страницы отчета выполняют, ориентируясь на приложение 2.

### 3.9. Вопросы для самопроверки

- 1) Какими характеристиками оцениваются устройства ЧПУ?
- 2) Какие особенности имеют системы класса CNC?
- 3) Какие особенности имеют системы класса HNC?
- 4) В каких случаях используются позиционные системы ЧПУ?
- 5) В каких случаях используются контурные системы ЧПУ?
- 6) Что называется опорной точкой траектории?
- 7) Как направлены оси координат на станке?

- 8) Как определяется программируемая точка сверла?
- 9) Как определяется программируемая точка концевой фрезы?
- 10) Каким образом осуществляется поиск управляющей программы?
- 11) Каким образом осуществляется запуск управляющей программы?
- 12) Какая информация отображается на панели координат?
- 13) Каким образом можно перейти в режим ручного управления станком?
- 14) Каким образом можно выполнить отдельные команды?

## **4. Работа № 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВОК НА НАСТОЛЬНОМ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ НФ-3Ф4**

### **4.1. Цель работы**

Практическое освоение методики проектирования технологической операции, выполняемой на станке НФ-3Ф4, подготовка и апробация управляющей программы обработки заготовки.

### **4.2. Методика проектирования технологической операции и разработки управляющих программ обработки заготовок**

#### **4.2.1. Проектирование технологической операции**

При проектировании технологической операции необходимо провести технологический контроль чертежа детали, выбрать схему установки заготовки детали, систему координат и режущие инструменты, назначить режимы обработки, определить рациональную последовательность технологических переходов.

Желательно, чтобы оси выбранной системы координат совпадали с базовыми поверхностями (осями) обрабатываемой заготовки (конструкторскими или технологическими), либо поверхностями (осями), от которых задано наибольшее количество размеров. Оси системы координат детали должны быть коллинеарны осям системы координат станка.

Нулевая (исходная) точка инструмента выбирается, исходя из требований удобства установки заготовки и инструмента и минимальных величин вспомогательных перемещений. В исходной точке начинается траектория движения инструмента, которая вычерчивается на карте эскизов. Узловые (опорные) точки траектории обозначаются арабскими цифрами. Опорной точкой называется точка траектории движения инструмента, в которой изменяется направление или характер траектории (линия, параллельная какой-либо оси, переходит в наклонную линию или окружность). Технологическая

опорная точка – это точка, в которой изменяется скорость перемещения инструмента.

В качестве режущего инструмента на сверлильно-фрезерном станке обычно используются концевые фрезы (для фрезерования поверхностей), сверла, зенкеры, развертки (для обработки отверстий).

При фрезеровании плоскости концевой фрезой расстояние между соседними траекториями принимают 0,6 ... 0,8 от диаметра фрезы.

При проектировании технологии обработки отверстий следует принимать во внимание следующие рекомендации:

- перед сверлением отверстий диаметром до 15 мм необходимо производить центрование;

- при обработке отверстий 6 ... 8 квалитетов точности диаметрального размера с жестким допуском межцентрового расстояния каждое отверстие рекомендуется обрабатывать последовательно работающими инструментами, обеспечивая требуемое качество при неизменном позиционировании заготовки относительно шпинделя станка;

- при обработке нескольких отверстий, имеющих одинаковый диаметр 11 ... 12 квалитета, с относительно широким допуском межцентрового расстояния выполняют последовательную обработку всех отверстий сначала одним инструментом, затем в той же последовательности следующим до получения требований чертежа.

Для каждого инструмента, предназначенного для обработки отверстий, рассчитывают координаты начала и конца рабочих ходов.

Карту эскизов (КЭ) оформляют в следующей последовательности:

- изображают деталь с указанием всех выдерживаемых размеров и технических требований, условные обозначения опор, зажимов и установочных элементов;

- указывают исходную точку траектории;

- наносят траекторию движения инструмента;

- на траектории отмечают и обозначают опорные точки.

Карту эскизов оформляют параллельно с расчетом координат опорных точек траектории. Координаты опорных точек определяют графоаналитическим методом на основе КЭ. Для ряда точек координаты могут быть опреде-

лены непосредственно из чертежа. В отдельных случаях используют методы геометрии либо аналитической геометрии.

В качестве примера ниже приведены зависимости для расчета координат начала ( $z_{\text{н}}$ ) и конца ( $z_{\text{к}}$ ) рабочих ходов при обработке отверстий концевым инструментом, например, сверлом (рис. 4.1).

$$z_{\text{н}} = z_0 - L_i - h - l_1;$$

$$z_{\text{к}} = z_{\text{н}} + l + l_2,$$

где  $z_0$  – координата исходной (нулевой) точки относительно стола станка;  $L_i$  – вылет инструмента;  $h$  – расстояние от стола станка до поверхности заготовки;  $l$  – размер обрабатываемой поверхности;  $l_1, l_2$  – длина врезания и перебега инструмента.

#### 4.2.2. Разработка управляющей программы

Управляющая программа состоит из кадров, а кадры – из слов. Последовательность слов в кадре – произвольная, за исключением слов «Номер кадра». Каждое слово в кадре содержит строку с адресом и записываемую после адреса строку с числовой информацией. В словах «Перемещения по координатам» после признака адреса записывается знак координаты, а затем – числовая информация.

Пример: X100. – перемещение шпинделя в точку с координатой  $X = +100$  мм.

Назначение буквенных адресов:

$N$  – номер кадра;

$G$  – подготовительная функция, постоянный цикл;

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

$D$  – 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 повторов подпрограммы.

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

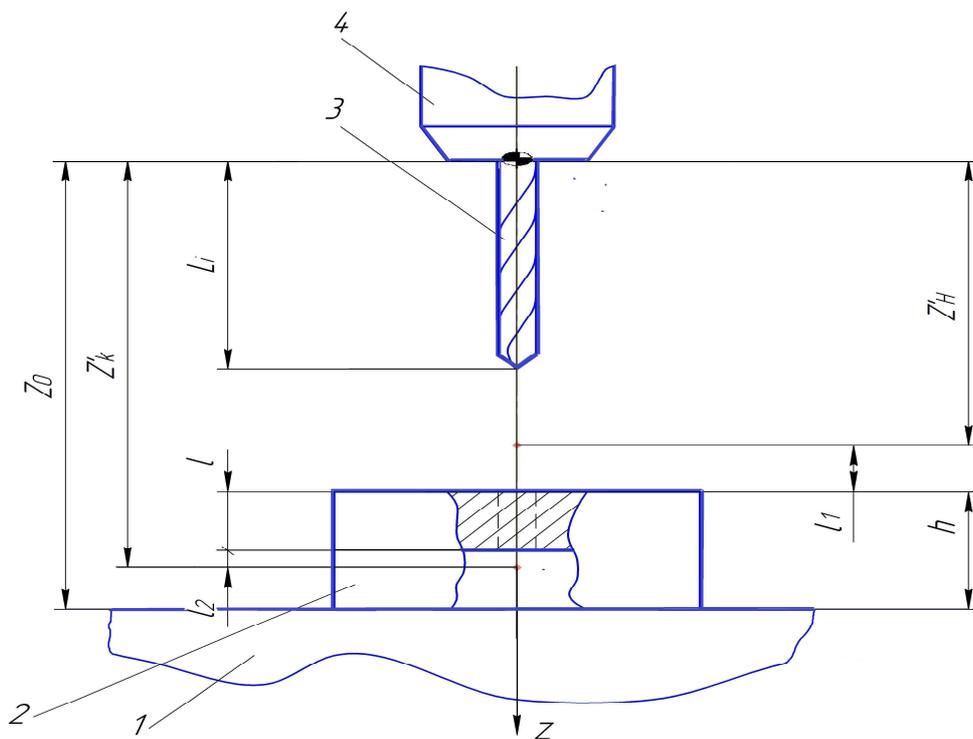
Кадр имеет переменную длину. Некоторые слова в кадре могут отсутствовать, так как технологические функции действуют до их отмены в течение отработки нескольких кадров, а количество координат в кадре может быть равным одной или нескольким, или отсутствовать.

Подготовительные функции определяют режим работы системы ЧПУ.

*G00* – позиционирование (вспомогательный ход) в заданную точку на максимальной скорости. Пример: *N01 G00 Xn Yn Zn*.

*G01* – линейная интерполяция. Пример: *N05 G01 Xn Yn Zn*.

*G02* – круговая интерполяция (по часовой стрелке). 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*.



**Рис. 4.1. Схема к расчету координат опорных точек при сверлении сквозного отверстия:**

1 – стол станка; 2 – заготовка; 3 – инструмент (сверло); 4 – шпиндель станка

Другой вариант задания дуги – с помощью радиуса дуги окружности.  
Пример:  $N10\ G02\ X-40.\ Z-20.\ R50.\ F100.$

$G03$  – круговая интерполяция (против часовой стрелки).

Дополнение к функциям  $G02$  и  $G03$  – сверление отверстий на дуге окружности. Формат:  $G02\{03\}\ X\{U\}\ Y\{V\}\ Z\{W\}\ R\ P$ , где  $Z$  является глубиной отверстия. Параметр  $P$  задает число отверстий.

Цикл сверления отверстий на дуге окружности выглядит следующим образом.

1. Сверление отверстия в начальной точке дуги до координаты  $Z$ .
2. Возврат в исходную координату  $Z$ .
3. Перемещение в следующую точку на дуге.
4. Сверление отверстия до координаты  $Z$ .
5. Возврат в исходную координату  $Z$ .
6. Повторение цикла до обработки всех отверстий.

По завершении сверления всех отверстий инструмент находится в конечной точке дуги окружности.

*G04* – пауза. Пример: *N01 G04 P10* – пауза 10 секунд.

*G28* – автоматический возврат в исходную точку. Формат: *G28 X{U} Y{V} Z{W}*. Если в кадре указываются значения *X*, *Y*, *Z* с нулевыми значениями, то выполняется возврат в нулевую точку по трем координатам.

*G37* – выход в фиксированную точку. Пример: *N01 G37 Pn* – выход в точку, заданную параметром *n*.

*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*.

*G73* – высокоскоростной цикл прерывистого сверления. Работает аналогично циклу *G83*. Разница заключается в том, что сверло для удаления стружки выводится из отверстия не полностью. Это позволяет уменьшить машинное время обработки.

*G81* – стандартный цикл сверления. Формат: *G81 X{U} Y{V} Z{W} R P*. Параметры *X* и *Y* определяют координаты обрабатываемых отверстий. Параметр *Z* указывает конечную глубину сверления, а *R* применяется для задания плоскости отвода. Плоскость отвода – это координата по оси *Z*, с которой начинается сверление на рабочей подаче. Плоскость отвода устанавливается немного выше поверхности детали.

Постоянные циклы и их параметры являются модальными. Вызвав цикл при помощи соответствующего *G*-кода, в следующих кадрах указываются координаты отверстий, которые необходимо обработать, не программируя никаких кодов и параметров. После кадра, содержащего координаты последнего отверстия, необходимо поставить кадр, содержащий код *G80* – отмена цикла.

*G82* – стандартный цикл сверления с выдержкой. Цикл функционирует аналогично циклу *G81*, с разницей в том, что при реализации цикла *G82* в конце сверления отверстия запрограммировано время ожидания (выдержка). Адрес *P* устанавливает время ожидания в конце сверления отверстия (в 1/1000 сек.). Пример: *G82 X10. Y15. Z-3. P6500 R0.5 F50* .

*G83* – цикл прерывистого сверления. Формат: *G83 X Y Z Q R*. Адрес *Q* определяет относительную глубину каждого отверстия. Сверление происходит по следующему алгоритму:

1. Сверло от исходной плоскости перемещается к плоскости отвода (*R*) на ускоренной подаче.
2. От плоскости отвода *R* сверло подается на глубину *Q* с рабочей подачей.
3. Сверло ускоренным ходом перемещается к плоскости отвода *R*.
4. Сверло ускоренным ходом перемещается к достигнутой ранее позиции по глубине.
5. Сверло подается на глубину *Q* с рабочей подачей.
6. Цикл повторяется до достижения заданной глубины отверстия.

После окончания сверления инструмент выводится до плоскости отвода, если указан код *G99*, либо до исходной плоскости, если указан код *G98*.

*G92* – задание смещения центра координатной системы.

Пример: *N01 G92 Xn Yn Zn* .

*G93* – отмена смещения центра координатной системы.

Пример: *N01 G93* .

*G98* – отвод инструмента к исходной плоскости (циклы сверления). Если перед вызовом цикла сверления стоит код *G98*, то параметр *R* в цикле сверления будет игнорироваться, и отвод инструмента будет производиться до исходной координаты по *Z*.

Пример: *G98 G81 X10. Y15. Z-3. R0.5 F50* .

*G99* – отвод инструмента до плоскости отвода (циклы сверления). Если перед вызовом цикла сверления стоит код *G99*, то параметр *R* в цикле сверления не игнорируется, и отвод инструмента будет производиться до координаты, указанной параметром *R*. Код *G99* считается введенным по умолчанию, т.е. если не было вызова *G98*, *G99* можно не указывать.

Пример: *G99 G81 X10. Y15. Z-3. R0.5 F50* .

*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:  $N102 G500 P_x E_n$  – вывод сообщения с номером  $x$  и значения переменной  $E_n$ .

Пример:  $N102 G500 P1 \#2xxx$  – вывод сообщения с номером 1 и значения параметра  $\#2xxx$ .

$G700$  – сверление заданного числа отверстий на линии.

Формат:  $G700 X\{U\} Y\{V\} Z\{W\} Q P$ , где  $Q$  – относительная глубина отверстия,  $P$  число отверстий. Результатом работы цикла является заданное число отверстий  $P$  с глубиной  $Q$  на линии с конечной точкой  $X\{U\} Y\{V\} Z\{W\}$ .

Назначение вспомогательных функций приведено в табл. 4.1.

Устройство ЧПУ использует систему плавающего ноля станка, когда любое положение стола относительно инструмента может быть принято за нулевое.

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  $G92$ .

#### 4.5. Содержание работы

По выданному преподавателем чертежу спроектировать технологический процесс обработки заготовки с оформлением операционной карты (ОК) или карты технологического процесса (КТП), карты эскизов (КЭ). После изучения принципов кодирования информации разработать управляющую программу обработки заготовки, обработать заготовку на станке по разработанной программе.

#### 4.6. Средства технологического оснащения

- Настольный сверлильно-фрезерный станок НФ-3Ф4.
- Компьютер.
- Заготовки, имеющие форму прямоугольного параллелепипеда.
- Тиски с винтовым зажимом.
- Штангенциркуль ШЦ-1.

## Вспомогательные функции

Код вспомо- гатель- ной функции	Назначение вспомога- тельной функции	Функция действует			
		до на- чала пере- меще- ния	после выпол- нения пере- меще- ния	до от- мены другой функ- ции	в одном кадре
M100	Программируемый ос- танов	-	+	-	+
M01	Останов с подтвер- ждением	-	+	-	+
M02	Конец программы	-	+	-	+
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	+	-	+	-
M04	Вращение шпинделя против часовой стрел- ки	+	-	+	-
M05	Останов шпинделя	-	+	+	-
M06	Смена инструмента	+	-	-	+
M08	Включение охлажде- ния	+	-	+	-
M09	Отключение охлажде- ния	-	+	+	-
M12	Реверс главного при- вода	+	-	+	-
M17	Конец управляющей программы	-	+	-	+
M30	Конец УП с возвратом в начало	-	+	-	+

- Набор сверл диаметром 4 ... 6 мм.
- Набор разверток диаметром 4 ... 8 мм.
- Набор концевых фрез диаметром 6 ... 10 мм.

#### **4.7. Порядок выполнения работы**

- Изучить индивидуальное задание, изучить и проанализировать рабочий чертеж детали.
- Выбрать схему установки заготовки на станке.
- Выбрать необходимый набор режущих инструментов.
- Определить последовательность обработки каждой поверхности или отверстия с учетом конфигурации и требований по точности и шероховатости, величины припусков и числа рабочих ходов; назначить режимы резания и занести в ОК или КТП (пример оформления КТП приведен в приложении 3).
- Разработать карту эскизов обработки заготовки (пример оформления КЭ дан в приложениях 4, 5).
- Разработать управляющую программу (примеры программ приведены в приложениях 6, 7).
- Запускают программу на компьютере и работают в режиме ИМИТАТОР.
- Производят переключение управляющей программы в режим СТАНОК, нажав на индикатор режимов СТАНОК на панели статуса главного окна программы.
- Выводят на станке инструмент в позицию, которая будет принята за Ноль станка.
- Производят переключение в режим ИМИТАТОР.
- Выводят инструмент на имитаторе в ту же позицию.
- Производят переключение в режим СТАНОК.
- Нажимают на кнопку  «Определить Ноль станка».
- В режиме СТАНОК выполняют разработанную программу, осуществляя обработку заготовки на станке.
- Выполнить контроль полученной детали.

#### **4.8. Содержание отчета**

- Титульный лист по форме приложения 1.
- Операционная карта или карта технологического процесса.
- Карта эскизов.
- Управляющая программа обработки заготовки.
- Заключение о годности изготовленной детали.

#### **4.9. Вопросы для самопроверки**

- 1) Каковы технологические возможности станка НФ-3Ф4?
- 2) Каким образом направлены оси координат станка НФ-3Ф4?
- 3) Каковы особенности обработки на станке НФ-3Ф4?
- 4) Какова последовательность слов в кадре управляющей программы?
- 5) Каким образом задают частоту вращения шпинделя?
- 6) Каким образом задают скорость подачи?
- 7) Какой функцией задается линейная интерполяция?
- 8) Какими функциями задаются круговая интерполяция по и против часовой стрелке?
- 9) Какими функциями задаются включение и выключение шпинделя?

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Настольный фрезерный станок модели НФ-3Ф4 (JMD-1) с компьютерным управлением: учебное пособие / П. Г. Мазеин, С. С. Панов, С. В. Шереметьев и др. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. – 125 с.
2. Серебrenицкий П. П. Краткий справочник технолога – машиностроителя. – СПб.: Политехника, 2007. – 951 с.
3. Серебrenицкий П. П. Программирование для автоматизированного оборудования / П. П. Серебrenицкий, А. Г. Схиртладзе. – М.: Высшая школа, 2002. – 592 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т. 1 / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, А. Г. Косилова и др.; под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 912 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т. 2 / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, А. Г. Косилова и др.; под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Суслова. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.
6. Технология автомобиле- и тракторостроения / А. В. Победин, Ю. Н. Полянчиков, О. Д. Косев, Е. И. Теспер; под ред. А. В. Победина. – М.: Академия, 2009. – 352 с.
7. Худобин, Л. В. Базирование заготовок при механической обработке: учебное пособие / Л. В. Худобин, М. А. Белов, А. Н. Унянин; под общ. ред. Л. В. Худобина. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 248 с.

**ОБРАЗЕЦ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА ОТЧЕТА**

Ульяновский государственный университет

Кафедра «Проектирование и сервис автомобиля»

Лаборатория  
кафедры

Студент .....

Группа .....

Дата .....

**ОТЧЕТ**

по лабораторной работе №

(название лабораторной работы)

Задание:

Работу выполнил  
(подпись студента)

Работу принял  
(подпись преподавателя)

**ВТОРАЯ И ПОСЛЕДУЮЩИЕ СТРАНИЦЫ ОТЧЕТА ПО  
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ № 1**

Координаты ноля станка в абсолютной системе координат:

$X = \dots ; Y = \dots ; Z = \dots$

Тип и параметры инструментов:

Размеры заготовки:

$DX = \dots ; DY = \dots ; DZ = \dots$

Координаты, определяющие положение заготовки:

$X = \dots ; Y = \dots$

Таблица П 2.1

Координаты суппорта после выполнения команды

Команда	Система координат					
	станка			детали		
	X	Y	Z	X	Y	Z

Табл. П 2.1 заполняется: 1) когда все координаты детали в СКС равны нулю (СКС и СКД совпадают); 2) когда координаты детали в СКС отличны от нуля.

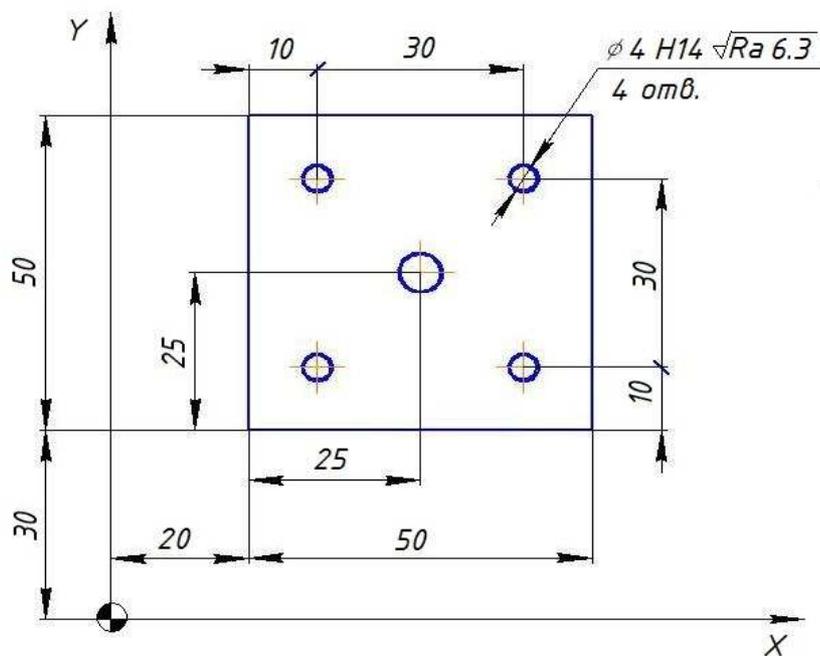
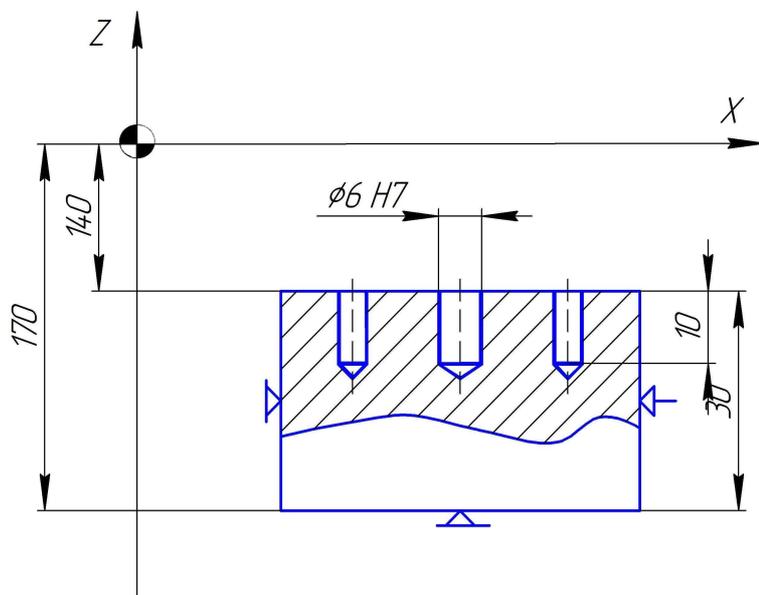
**ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ КАРТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ЗАГОТОВКИ НА НАСТОЛЬНОМ  
СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ**

ГОСТ 3.1404-86 Форма 3												
Дубл.												
Взам.												
Подп.												
Разроб.											1	
Пров.												
Н.контр.												
М01	УЛГТУ	АБВГ XXXXXX, ХХХ	Плита									01
М02	Код	ЕВ	МД	ЕН	Н.расх.	КИМ	Код загот.	Провиль и размеры	КД	МЗ		
А	Цех Уч	1,2	1	1,6	0,8	XXXXXX	50x50x32	1	0,3			
Б	Код, наименование. Модель инвент. номер	Обозначение документа										
Р	СМ	Проф.	Р	УГ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт	Тп.з.	Тыт.	
А03	10 02 03 05	3708	Программная	АБВГ XXXXX, XXXX	иот	XXX-XX						
Б04	АБВГ XXXXX, XXXX	Настольно-фрезерный НФ-3Ф4	2	XXXX	XX, XXX	1	1	100	0,77	XX	XX	
005	1. Установить заготовку в приспособление, выверить и закрепить											
Т06	АБВГ XXXXX, XXXX (1)	Приспособление; АБВГ XXXXX, XXXX (1)-штангенрейсмас										
007	2. Фрезеровать верхнюю плоскость по программе, выдерживая размер 30-0,1											
Т08	АБВГ XXXXX, XXXX	Фреза ВК8										
Р09		1	50	300		2	1	100	1000	31,4		
010	3. Сверлить отверстие $\phi 5+0,2$ по программе											
Т11	АБВГ XXXXX, XXXX	Сверло Р6М5										
Р12		2	5	10		2,5	1	200	1000	15,7		
013												
КТП												



ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ КАРТЫ ЭСКИЗОВ ОБРАБОТКИ  
ЗАГОТОВКИ  
НА НАСТОЛЬНОМ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ  
(ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ)



**ПРИМЕР УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ  
ЗАГОТОВКИ НА НАСТОЛЬНОМ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ  
СТАНКЕ (ФРЕЗЕРОВАНИЕ ПЛОСКОСТИ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗОЙ)**

;установка фрезы диаметром 10 мм с вылетом 20 мм

N01 M00

;включение шпинделя на 1000 об/мин по часовой стрелке

N02 S1000 M03

;позиционирование фрезы в точку с координатами X = 13

Y = 34          Z = -121 мм

N05 G00 X13. Y34. Z-121.

;перемещение фрезы на рабочей подаче

N10 G01 X66. F100

N12 Y41.

N15 X24.

N17 Y48.

N20 X66.

N22 Y55.

N25 X24.

N27 Y62.

N30 X66.

N32 Y69.

N35 X24.

N37 Y76.

N40 X77.

;остановка шпинделя

N42 M05

;отвод инструмента в начало координат

N45 X0. Y0. Z0.

**ПРИМЕР УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ  
ЗАГОТОВКИ  
НА НАСТОЛЬНОМ СВЕРЛИЛЬНО-ФРЕЗЕРНОМ СТАНКЕ  
(ОБРАБОТКА ОТВЕРСТИЙ)**

;установка сверла диаметром 5 мм с вылетом 15 мм  
N01 M00  
;включение шпинделя на 1000 об/мин по часовой стрелке  
N02 S1000 M03  
;позиционирование сверла в точку с координатами X = 45  
Y = 55      Z = -123 мм  
N05 G00 X45. Y55. Z-123.  
;сверление отв. диаметром 5 мм на глубину 10 мм  
N10 G01 Z-135. F200  
N15 G00 Z-123.  
;остановка шпинделя  
N20 M05  
;отвод инструмента в начало координат  
N30 X0. Y0. Z0.  
;установить развертку диаметром 6 мм с вылетом 15 мм  
N35 M00  
;включение шпинделя на 300 об/мин по часовой стрелке  
N40 S300 M03  
;позиционирование развертки в точку с координатами X = 45  
Y = 55      Z = -123 мм  
N45 G00 X45. Y55. Z-123  
развертывание отв. диаметром 6 мм на глубину 7 мм  
N50 G01 Z-132. F150  
N55 G00 Z-123.  
;остановка шпинделя  
N60 M05  
;отвод инструмента в начало координат

N65 X0. Y0. Z0.

;установка сверла диаметром 4 мм с вылетом 15 мм

N70 M00

;включение шпинделя на 1000 об/мин по часовой стрелке

N75 S1000 M03

;позиционирование сверла в точку с координатами X = 30

Y = 40      Z = -123мм

N77 G00 X30. Y40. Z-123.

;сверление 4-х отв. диаметром 4 мм с использованием

стандартного цикла G81 и выдержкой

N80 G81 X30. Y40. Z-135. R-123. F200

N85 Y70.

N90 X60.

N95 Y40.

;отмена цикла

N100 G80

;остановка шпинделя

N105 M05

;отвод инструмента в начало координат

N110 X0. Y0. Z0.

;завершение выполнения программы

N115 M02

*Учебное издание*

**Унянин Александр Николаевич**

**Лабораторные работы по технологии автомобиле- и тракторостроения**

Методические указания

Директор издательского центра *Т. В. Филиппова*

Подготовка оригинала-макета

Подписано в печать \_\_. \_\_. 2012.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. \_\_. Уч.-изд. л. \_\_.

Тираж 70 экз. Заказ №\_\_

Оригинал-макет подготовлен в Издательском центре

Ульяновского государственного университета

432027, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42

Отпечатано с оригинал-макета в Издательском центре

Ульяновского государственного университета

432027, г. Ульяновск, ул. Льва Толстого, д. 42