

**МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГБОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра инновационных технологий  
и оборудования деревообработки

И.Т. Глебов

**ОБОРУДОВАНИЕ ОТРАСЛИ**

**СВЕРЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ НА  
НА СТАНКЕ С ЧПУ**

Методические указания к практическому занятию  
для студентов всех форм обучения  
направления 350302 «Технология лесозаготовительных  
и деревоперерабатывающих производств»  
по профилю «Технология деревообработки»

Екатеринбург 2018

Материал рассмотрен и рекомендован к изданию  
методической комиссией института ИЛБидС

Протокол № 1 от 15.09.2017 г.

Рецензент: канд. техн. наук, доцент,  
зав. кафедрой ИТОД

В.Г. Новоселов

## **Введение**

В настоящее время на деревообрабатывающих предприятиях идет вытеснение устаревших станков новыми видами оборудования. На смену станкам общего назначения пришли станки с числовым программным управлением (ЧПУ). Технология деревообработки переходит на принципиально новый технологический уровень.

Дереворежущие станки с ЧПУ широко применяются для сверления отверстий в деталях.

Станки с ЧПУ (компьютерным цифровым управлением) работают как роботы в автоматическом режиме с высокой производительностью, надежностью, обеспечивают высокую точность размеров обработанных деталей, полностью вытесняют ручной труд. Станки работают по управляющей программе. Одна и та же управляющая программа может быть использована многократно и в любое время. Программа работает надежно независимо от утомляемости станочника.

Предлагаемые методические указания позволят студенту ознакомиться с конструкцией сверлильного станка с ЧПУ и получить первоначальные умения и навыки составления управляющих программ и изготовления изделия на станке.

### **1. Сверлильно-фрезерные станки с ЧПУ**

Для обработки отверстий и профильных поверхностей фасадов деревянных изделий в России выпускаются сверлильно-фрезерные станки различных производителей. В качестве примера на рис. 1 показан такой станок компании «Мультикат» (MULTICUT).



Рис. 1. Сверлильно-фрезерный станок  
MULTICUT 3000

Компания MULTICUT – одна из ведущих российских компаний по производству и поставке станков с ЧПУ для строительной, деревообрабатывающей, мебельной промышленности.

Станки выпускаются с размерами стола 1500×2000 мм; 1500×3000 мм; 2000×3000 мм и 2000×4000 мм. Поверхность стола выполнена из высокопрочного ПВХ толщиной 25 мм. Фиксация обрабатываемого материала на столе производится вакуумом или струбцинами. Рабочая поверхность стола поделена на зоны с системой каналов, обеспечивающей надежный вакуумный прижим заготовки во всех точках.

Для создания вакуума применяется вакуумный насос MULTICUT мощностью 4 и 11 кВт. Производительность насоса 450 и 530 м<sup>3</sup> в час соответственно, глубина вакуума 400 Мбар.

На станине станка установлены поперечные направляющие, на которых смонтирован портал с продольными направляющими и суппортом для направляющих и суппорта для главного шпинделя. Перемещение шпинделя в плоскости рабочего стола осуществляется при помощи зубчатой передачи, обеспечивающей высокую скорость обработки и увеличивает производительность фрезерного станка.

По вертикальной оси перемещение шпинделя производится шарико-винтовой передачей. Высота подъема инструмента над столом составляет 150 мм.

Для перемещения шпинделя по трем координатным осям применяются шаговые приводы и контроллеры YAKO (Китай) или сервоприводы и контроллеры Panasonic (Япония). Для горизонтального перемещения по оси  $X$  и вертикального движение суппорта по оси  $Z$ , используется по одному приводу. Портал по оси  $Y$  перемещают два привода, установленные в его опорах. Они согласованно, с равной мощностью и ускорением обеспечивают разгон, перемещение и торможение портала.

Контроллеры шаговых двигателей и серво привода выполнены в массивном алюминиевом корпусе с мощным радиатором и собственным принудительным охлаждением.

Шпиндельная головка имеет мощность 3 кВт и частоту вращения до 18000 мин<sup>-1</sup>. Для плавного регулирования частоты вращения шпинделя на станке установлен инвертор DELTA (преобразователь частоты).

Сверла и концевые фрезы крепятся на шпинделе в цанге стандарта ER25 фиксирующей хвостовик инструмента диаметром 2...16 мм.

## **2. Подготовка управляющей программы для сверлильного станка с ЧПУ**

### **2.1. Общие сведения**

Для выполнения отверстий в деталях под винты, шканты система управления станком с ЧПУ имеет специальные макро-программы, включающие в себя набор циклов для обработки отверстий.

Для программирования обработки отверстий на станках ЧПУ используют так называемые постоянные циклы сверления.

*Постоянный цикл сверления – это макропрограмма, заложенная в систему ЧПУ и вызываемая как функция с передачей параметров обработки.*

Назначение макропрограммы – сокращение объема и упрощение управляющей программы, в которой многочисленные кадры обычной программы заменяются одним блоком.

Для программирования постоянных циклов сверления используются G-коды с номерами от 80 до 89, часть из которых зарезервирована и не используется. Это следующие коды:

G80 – отмена цикла сверления;

G81 – простое сверление (Single Pecking Drilling);

G82 – сверление с ломкой стружки (Break Chip Drilling);

G83 – глубокое сверление (Deep Drilling);

G84 – нарезка резьбы (Tapping);

G85 – растачивание (Counter Bore);

Номер G функции задает тип операции сверления.

## **2.2. Плоскости исходная и отвода**

Перед тем как вызвать нужный цикл, инструмент позиционируется в нужную точку первого отверстия относительно системы координат. После вызывается цикл сверления с характерными для него параметрами. Для этого в управляющей программе имеется кадр с адресами, отвечающими за настройку параметров цикла: адрес *Z* указывает глубину сверления, адрес *R* определяет положение плоскости отвода, высоту подъема сверла над нулевой плоскостью при выходе его из отверстия. *Плоскость отвода* – это плоскость над поверхностью заготовки по оси *Z*, устанавливаемая *R* адресом, от которой начинается движение подачи сверла с рабочей скоростью. В программах пользуются еще понятием исходной плоскости. *Исходная плоскость* – это плоскость над поверхностью заготовки по оси *Z*, в которой располагается сверло перед началом вызова цикла (рис. 2). Устанавливается в случае, если на заготовке есть препятствие для перемещения инструмента к следующим отверстиям.

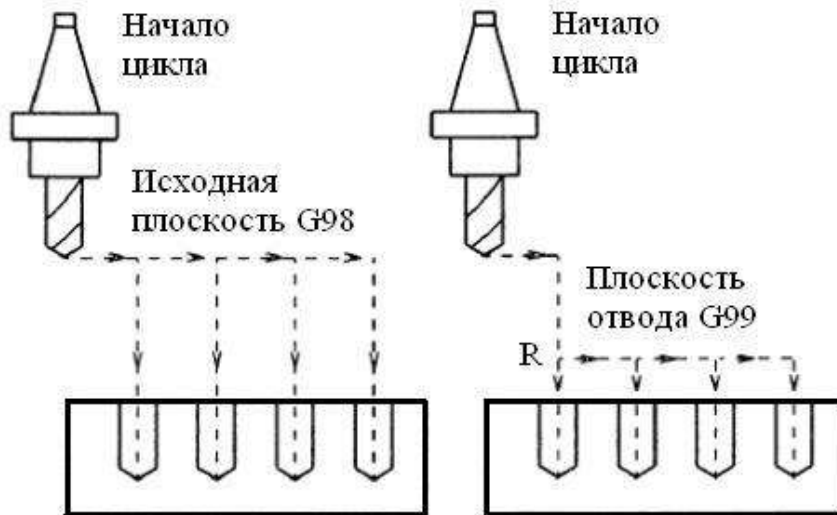


Рис. 2. Положение плоскостей исходной и отвода

После вызова цикла в последующих кадрах приводятся координаты обрабатываемых отверстий.

### 2.3. Простое сверление

Постоянный цикл «простое сверление» с кодом G81 предполагает непрерывное движение подачи сверла в заготовке до дна отверстия с заданной скоростью. Глубина сверления устанавливается обычно не больше  $kD$ , где  $k$  – величина, установленная экспериментальным путем;  $D$  – диаметр сверла, мм. Обусловлено это возможностью удаления стружки из отверстия.

#### Пример.

N30 X15 Y45 (выход в точку центра отверстия 1);  
 N35 G1 Z15 F500 (выход на исходную плоскость  $Z=15$  мм);  
 N40 G98 G81 Z-20 R5 F100 (вызов цикла простого сверления и сверление отверстия 1);  
 N45 X45 Y55 (переход и сверление отверстие 2);  
 N50 G99 X75 Y55 (переход и сверление отверстие 3);  
 N56 X90 Y65 (переход и сверление отверстие 4);  
 N60 G80 (отменить цикл сверления);

...

Переключение кодов G98, G99 допустимо внутри цикла. После выбора указанных кодов программа будет работать по

схемам рис. 59. Кадры N40 и N41 обеспечивают сверление отверстия с кодом G98 и подъемом сверла до исходной плоскости на высоту  $Z=15$  мм. Переход сверла к третьему и четвертому отверстиям выполняется по коду G99 с подъемом сверла до плоскости отвода.

## 2.4. Глубокое сверление

Глубокое сверление с кодом G83 используется для обработки глубоких отверстий величиной более  $kD$ . При обработке таких отверстий сверло многократно опускаю в отверстие с углублением на величину  $kD$ . При таком методе сверления удается удалить стружку из отверстия, разгрузить сверло, уменьшить его трение о стенки отверстия, уменьшить его нагрев и предупредить поломку сверла. Это особенно важно при работе тонкими сверлами.

При обработке отверстия сверло углубляется в заготовку на величину  $kD$ , после чего возвращается на плоскость отвода. При подъеме сверла, стружка, находящаяся в его винтовых канавках, вытряхивается на поверхность заготовки. Затем сверло снова опускается в отверстие и углубляется еще на величину  $kD$ . И так повторяется до тех пор, пока не будет обработано все отверстие.

Общая глубина сквозного сверления по оси  $Z$  должна превышать толщину заготовки на величину высоты конической заточки сверла.

Пример кадра глубокого сверления.

G83 X10 Y10 Z-25 Q5 R3.5 F500.

Адрес  $Q$  в приведенном кадре указывает относительную глубину сверления каждого рабочего хода. Сверление осуществляется по следующему алгоритму (рис. 3):

- сверло от исходной плоскости перемещается при ускоренной подаче до плоскости отвода, отстоящей от верхней поверхности заготовки на расстоянии, указанном в адресе  $R$ ;
- от плоскости отвода сверло подается с рабочей скоростью на глубину, указанную в адресе  $Q$ ;
- сверло с ускоренной подачей поднимается до плоскости отвода R3.5;



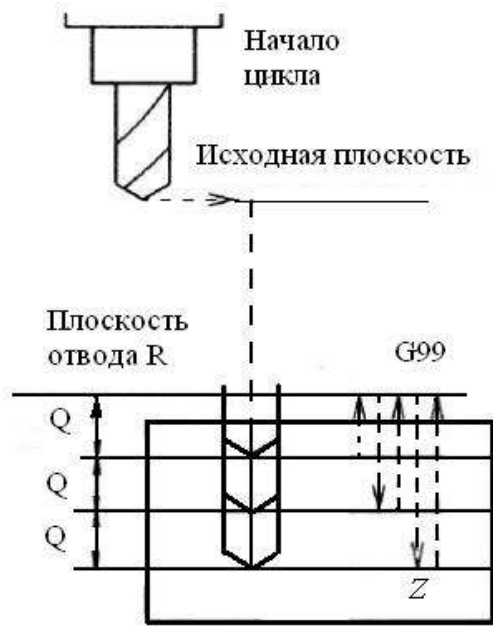


Рис. 3. Схема обработки глубокого отверстия

- сверло с ускоренной скоростью подачи возвращается к ранее достигнутой позиции на глубине;
- сверло с рабочей скоростью подачи углубляется по оси  $Z$  на глубину, указанную в адресе  $Q$ ;
- сверло с ускоренной подачей поднимается до плоскости отвода R3.5;
- шаги подъема и опускания сверла выполняются до тех пор, пока глубина сверления не достигнет координаты  $Z = -25$ .

## 2.5. Примеры выполнения программы

### Пример 1.

*Дано:* В крышке, выполненной из столярного щита толщиной 10 мм, имеется 6 цилиндрических отверстий диаметром 8 мм (рис. 4). Щит склеен из древесины сосны влажностью  $W = 12\%$ .

Требуется разработать управляющую программу простого сверления отверстий.

*Решение.* 1. Найдем координаты центров отверстий:

A(50, 50), Б(50, 230), В(350, 230), Г(350, 50), Д(150, 170), Е(250, 170).

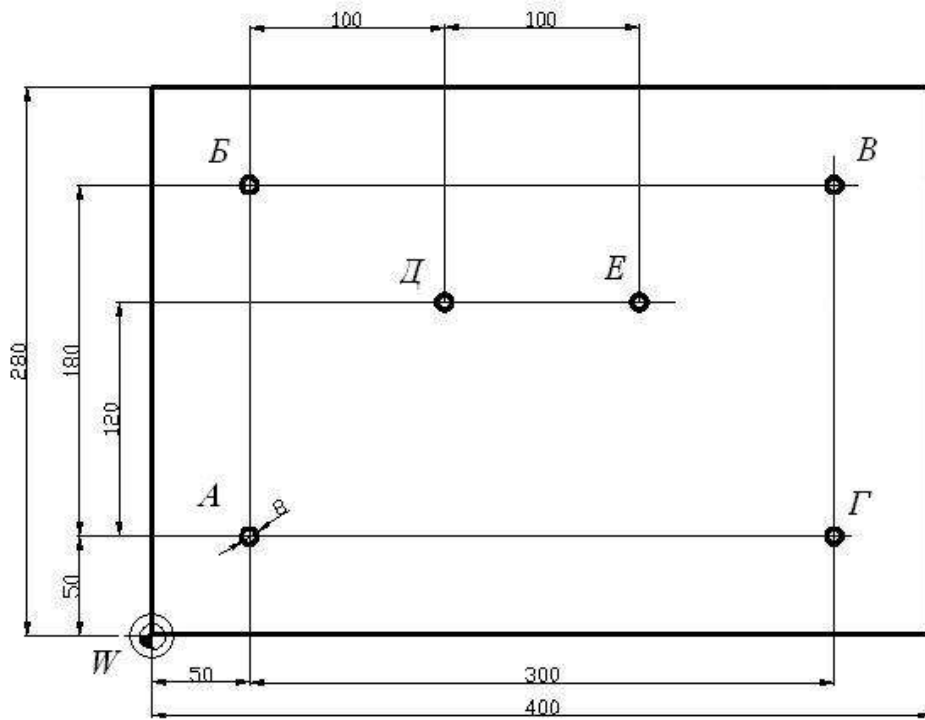


Рис. 4. Чертеж детали

2. Назначим режим сверления. Выбираем сверло с центром и подрезателями диаметр 8 мм, частота вращения сверла  $n = 1800 \text{ мин}^{-1}$ , отверстие обрабатывается за один проход, скорость подачи  $V_s = 800 \text{ мм/мин}$ .

2 Находим полную глубину сверления, с учетом выхода сверла из заготовки:

$$t = t_1 + 10 + t_2 = 5 + 10 + 5 = 20 \text{ мм.}$$

Управляющая программа простого сверления

Кадры

%

O0001 (Drilling ABS)

N5 G00 G17 G21 G40

G49 G80 G90

N10 T1 M6

Комментарии

Начало и название программы, абсолютная система координат

Кадр безопасности.

Вызов сверла диаметром 8 мм и автоматическая смена инст-

N15 G54 X50 Y50 S1500 M3	румента (M6) Перемещение к отверстию А, вращение – по часовой стрелке (M3)
N20 G43 H1 Z100	Компенсация длины сверла на уровне Z100
N25 Z20	Ускоренное перемещение к исходной плоскости Z20
N30 G99 G81 Z-20 R5 F800	Стандартный цикл сверления от исходной плоскости до Z- 20 с подъемом до плоскости отвода R5, скорость подачи F800 мм/мин
N35 X50 Y230	Отверстие Б
N40 X150 Y170	Отверстие Д
N45 X250 Y170	Отверстие Е
N50 X350 Y230	Отверстие В
N55 X350 Y50	Отверстие Г
N60 G80	Отмена постоянного цикла
N65 Z100	Перемещение к Z100
N70 M5	Останов шпинделя
N75 M30	Конец программы
%	

**Примечание.** G21 – обеспечивает ввод перемещений в мм;  
G40 – отменяет автоматическую коррекцию на диаметр фрезы;  
G49 – отменяет компенсацию длины инструмента; G54 – позволяет системе ЧПУ переключиться на заданную систему координат; G80 – отменяет все ранее установленные постоянные циклы обработки; G90 – программирование в абсолютных координатах; G99 – После каждого цикла не отходить на «подходную точку».

### Пример 2.

*Дано.* В крышке, выполненной из фанерной плиты марки ПФ-Б (ГОСТ 8673-93) толщиной 45 мм требуется обработать

сквозные отверстия диаметром 8 мм. Размеры крышки и расположение отверстий приведены на рис. 4.

*Решение.* 1. Назначим режим сверления: сверло с центром и подрезателями, диаметр 8 мм, частота вращения сверла  $n = 3000 \text{ мин}^{-1}$ , с учетом экспериментальных данных подача на зуб  $S_z = 0,167 \text{ мм}$ ,  $k = 3,3$ , глубина сверления за один проход без образования брикета стружки  $t = kD = 3,3 \cdot 8 = 26,4 \text{ мм}$ .

2 Находим полную глубину сверления, с учетом выхода сверла из заготовки:

$t = t_1 + 45 + t_2 = 5 + 45 + 5 = 55 \text{ мм}$ . Принимаем сверление за два прохода  $t = 2 \cdot 27,5 = 55 \text{ мм}$ .

Здесь  $t_1$  – положение плоскости отвода,  $t_2$  – величина выхода сверла из заготовки.

#### Управляющая программа глубокого сверления

Кадры %	Комментарии
O0002 (Drilling ABS)	Начало и название программы, абсолютная система координат
N5 G00 G17 G21 G40 G49 G80 G90	Кадр безопасности.
N10 G54 X50 Y50 S1500 M3	Перемещение к отверстию А, $n = 1500 \text{ мин}^{-1}$ , вращение – по часовой стрелке (M3)
N15 G00 Z20	Ускоренное перемещение к исходной плоскости Z20
N20 G83 Z-55 Q27.5 R5 F800.	Стандартный цикл глубокого сверления от исходной плоскости порциями Q27,5 с подъемом до плоскости отвода R5, скорость подачи F800 мм/мин
N25 X50 Y230	Отверстие Б
N30 X150 Y170	Отверстие Д
N35 X250 Y170	Отверстие Е

N40 X350 Y230	Отверстие В
N45 X350 Y50	Отверстие Г
N50 G80	Отмена постоянного цикла сверления
N55 Z20	Перемещение к Z20
N60 M5	Останов шпинделя
N65 M30	Конец программы
%	

### 3. Задание на выполнение работы

Для выполнения работы начертите чертеж детали, выполненной из столярного щита (пример по рис. 4). Количество отверстий 6...10. Размеры щита, мм: 600×600×50. Написать управляющую программу обгонки щита по периметру и сверления отверстий.

### Контрольные вопросы и задания

1. Какие отверстия встречаются в деталях?
2. Дайте определение понятия «Постоянный цикл сверления».
3. Назовите коды, применяемые при реализации постоянных циклов сверления.
4. Для чего используются понятия плоскостей исходной и отвода? Покажите схему их использования.
5. Изобразите деталь, в плоскости XY которой имеется три отверстия. Укажите координаты этих отверстий и напишите управляющую программу обработки отверстий.