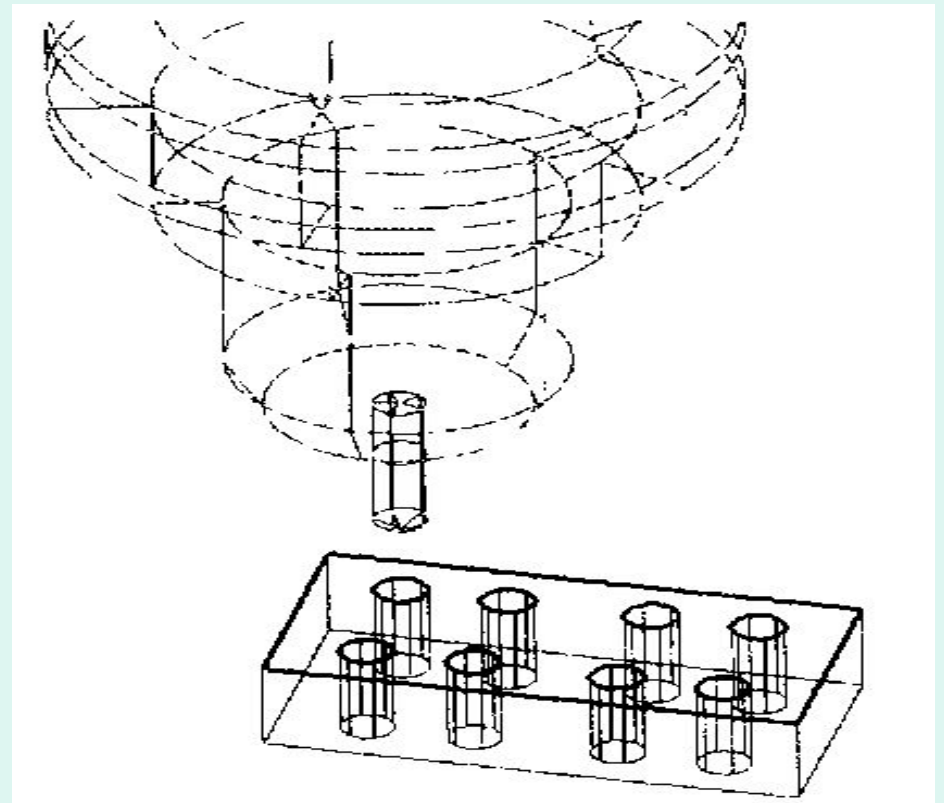


## ***Лекция 14***

***Постоянные циклы станков с ЧПУ. Программирование с помощью подпрограмм***

## Постоянные циклы станков с ЧПУ

Постоянными циклами называются специальные макро-программы, заложенные в УЧПУ для выполнения стандартных операций механической обработки. Практически все станки с ЧПУ имеют набор циклов для обработки отверстий - **циклы сверления, растачивания и нарезания резьбы**. Эти циклы упрощают процесс написания УП и экономят время, так как позволяют при помощи одного кадра выполнить множество перемещений.



%  
O0005  
N100 G21  
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90  
N104 T1 M6  
N106 G0 G90 G54 X5. Y5. S1000 M3  
N108 G43 H1 Z100.  
N110 Z10.  
N112 G1Z-8. F70.  
N114 G0 Z10.  
N116 X15.  
N118 G1 Z-8. F70  
N120 G0 Z10.  
N122 X-5.  
N124 G1 Z-8. F70  
N126 G0 Z10.  
N128 X-15.  
N130 G1 Z-8. F70  
N132 G0 Z10.  
N134 X5. Y-5.  
N136 G1 Z-8. F70  
N138 G0 Z10.  
N140 X15.  
N142 G1 Z-8. F70  
N144 G0 Z10.  
N146 X-5.  
N148 G1 Z-8. F70  
N150 G0 Z10.  
N152 X-15.  
N154 G1 Z-8. F70  
N156 G0 Z10.  
N158 Z100.  
N160 M5  
N166 M30  
%

Начало программы  
  
Строка безопасности  
Вызов инструмента  
Перемещение к отверстию №1  
Коррекция на длину инструмента  
  
Сверление отверстия №1  
Вывод сверла на ускоренной подаче  
Перемещение к отверстию №2  
Сверление отверстия №2  
Выход сверла на ускоренной подаче  
Перемещение к отверстию №3  
Сверление отверстия №3  
Выход сверла на ускоренной подаче  
Перемещение к отверстию №4  
Сверление отверстия №4  
Выход сверла на ускоренной подаче  
Перемещение к отверстию №5  
Сверление отверстия №5  
Выход сверла на ускоренной подаче  
Перемещение к отверстию №6  
Сверление отверстия №6  
Выход сверла на ускоренной подаче  
Перемещение к отверстию №7  
Сверление отверстия №7  
Выход сверла на ускоренной подаче  
Перемещение к отверстию №8  
Сверление отверстия №8  
Выход сверла на ускоренной подаче  
  
Конец программы

%  
O0005  
N100 G21  
N102 G0 G17 G40 G49 G80 G90  
N104 T1 M6  
N106 G0 G90 G54 X5. Y5. S1000 M3  
N108 G43 H1 Z100.  
N110 Z10.  
N112 G99 G81 Z-8. R10. F70.  
N114 X15.  
N116 X-5.  
N118 X-15.  
N120 X5. Y-5.  
N122 X15.  
N124 X-5.  
N126 X-15.  
N128 G80  
N130 Z100.  
N132 M5  
N138 M30  
%  
Начало программы  
  
Строка безопасности  
Вызов инструмента  
Перемещение к отверстию №1  
Коррекция на длину инструмента  
  
**Вызов цикла сверления**  
Координаты отверстия №2  
Координаты отверстия №3  
Координаты отверстия №4  
Координаты отверстия №5  
Координаты отверстия №6  
Координаты отверстия №7  
Координаты отверстия №8  
Отмена цикла сверления  
  
Конец программы

**В кадре N112 находится код G81 для вызова цикла сверления.. Адрес Z обозначает глубину сверления, а R определяет высоту отвода сверла из отверстия относительно нулевой плоскости. В последующих кадрах указываются координаты обрабатываемых отверстий. В них не нужно ставить коды вызова цикла сверления, так как G81 будет оставаться активным, пока его не отменят при помощи кода G80.**

# Постоянные циклы для обработки отверстий

Станки с ЧПУ могут иметь разнообразные циклы: от довольно простых - для сверления, растачивания и нарезания резьбы до более сложных - для обработки контуров и карманов. Некоторые циклы стандартизированы, хотя большинство из них разрабатываются производителями станков и систем ЧПУ самостоятельно

G код	Описание
G80	Отмена постоянного цикла
G81	Стандартный цикл сверления
G82	Сверление с выдержкой
G83	Цикл прерывистого сверления
G73	Высокоскоростной цикл прерывистого сверления
G84	Цикл нарезания резьбы
G74	Цикл нарезания левой резьбы
G85	Стандартный цикл растачивания

## Стандартный цикл сверления

Код **G81** предназначен для вызова стандартного цикла сверления. Типичный формат кадра этого цикла:

```
G81 X10.0 Y15.3 Z-3.0 R0.5 F50.
```

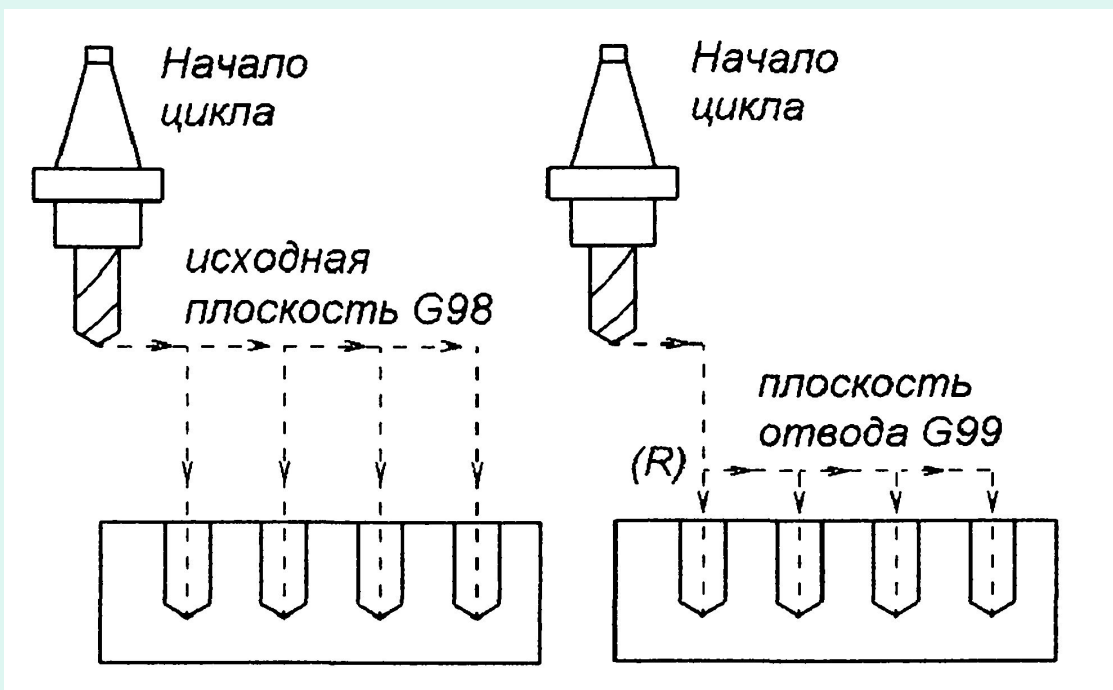
Адреса **X** и **Y** определяют координаты обрабатываемых отверстий. Адрес **Z** указывает конечную глубину сверления, а **R** применяется для установления плоскости отвода.

**Плоскость отвода** - это координата по оси **Z**, с которой начинается сверление на рабочей подаче. Плоскость отвода устанавливается немного выше поверхности детали, поэтому значение при **R** обычно положительное. Не стоит устанавливать плоскость отвода очень высоко, иначе сверло на рабочей подаче будет перемещаться слишком долго. Рабочая подача для цикла устанавливается с помощью **F** слова данных.

## Исходная плоскость и плоскость отвода

Плоскость отвода - это координата (уровень) по оси Z, устанавливаемая R адресом, с которой начинается сверление на рабочей подаче и в которую возвращается инструмент, после того, как он достиг дна обрабатываемого отверстия.

Исходная плоскость - это координата (уровень), по оси Z в которой располагался инструмент перед вызовом постоянного цикла



При использовании кода **G98** в постоянном цикле инструмент каждый раз возвращается в исходную плоскость, а при использовании **G99** - в плоскость отвода, установленную **R** адресом.

Для установления исходной плоскости не требуется указывать какие-либо специальные адреса. Однако для установления плоскости отвода необходимо использовать адрес **R**

**G99 G81 X10.0 Y15.3 Z-3.0 R0.5 F50.**

**Постоянные циклы и их параметры являются модальными.** Вызвав цикл при помощи соответствующего **G** кода, в следующих кадрах указывают координаты отверстий, которые необходимо обработать, **не программируя никаких других кодов и параметров.**

После кадра, содержащего координаты последнего отверстия необходимо запрограммировать **G80 - код отмены (окончания) постоянного цикла.** Если этого не сделать, **то все последующие координаты перемещений будут считаться координатами обрабатываемых отверстий.**



## Цикл сверления с выдержкой

Вызывается при помощи команды **G82**. Цикл функционирует аналогично стандартному циклу сверления, с единственной разницей в том, что при **G82** на дне отверстия **запрограммировано время ожидания** (выдержка). Цикл сверления с выдержкой часто применяется **для сверления глухих отверстий**, так как запрограммированное время ожидания обеспечивает лучшее удаление стружки со дна отверстия.

```
G82 X10.0 Y15.3 Z-3.0 P6500 R0.5 F50.
```

Адрес **P** устанавливает время ожидания на дне отверстия. Как правило, время выдержки указывается в 1/1000 сек. без десятичной точки. В кадре выдержка на дне отверстия равна 6.5 секунд:



## Циклы нарезания резьбы

Код **G84** используется для вызова цикла нарезания резьбы. В этом случае при каждой подаче по оси **Z** на значение шага метчика, шпиндель поворачивается на один оборот. Когда метчик достигает дна отверстия, шпиндель, вращаясь в обратную сторону, выводит метчик из отверстия. УЧПУ самостоятельно синхронизирует подачу и скорость вращения шпинделя во избежание повреждения резьбы и поломки инструмента. Благодаря этому, нарезание резьбы можно выполнить без плавающего патрона с высокой скоростью и точностью.

Формат кадра для цикла нарезания резьбы:

```
G98 G84 X10.0 Y10.0 Z-6.0 R10.0 F10
```

Код **G74** вызывает цикл нарезания резьбы при помощи метчика левой резьбы. Формат этого цикла аналогичен формату для **G84**. Единственная разница между двумя этими циклами заключается в направлении вращения шпинделя.

```
G98 G74 X10.0 Y10.0 Z-6.0 R10.0 F10
```

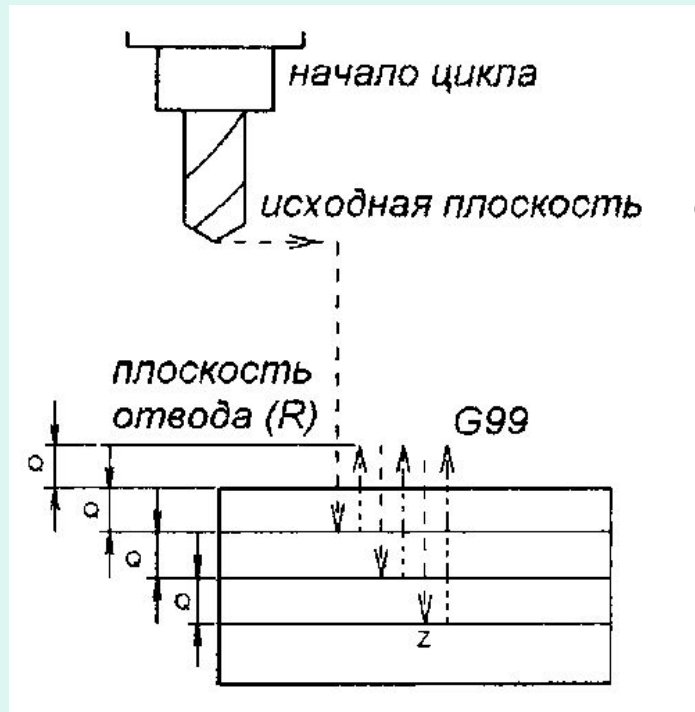
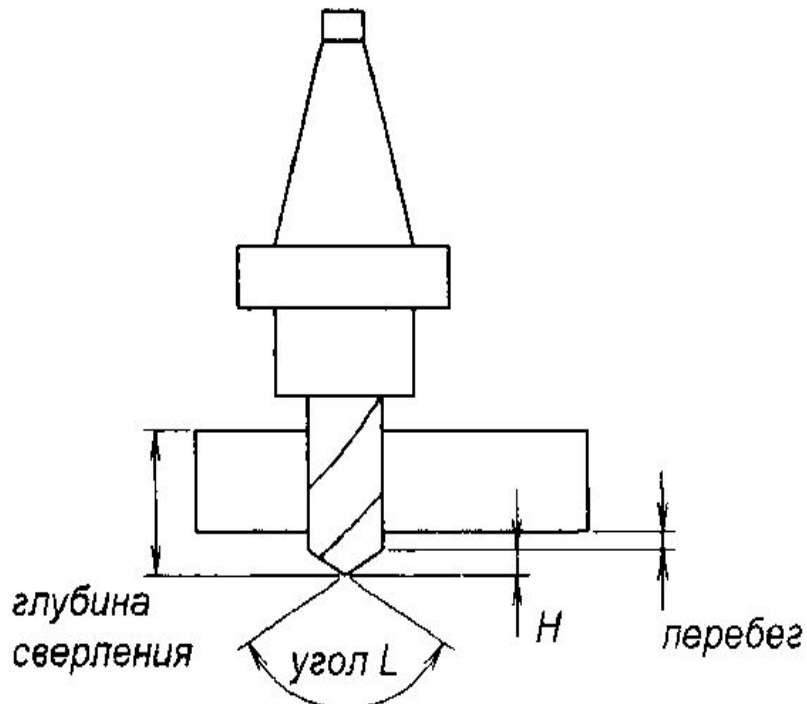
Некоторые СЧПУ позволяют программировать циклы нарезания резьбы за несколько рабочих операций, аналогично циклу прерывистого сверления.

# Циклы прерывистого сверления

Код **G83** вызывает цикл прерывистого сверления .

На чертежах длину отверстия обычно указывают по прямой части. Однако режущая кромка сверла заточена под определенным углом (обычно **118 градусов**). Так как в программе указываются координаты **Z** для кромки сверла, то инструменту необходимо пройти дополнительное расстояние **H = R сверла/tan(L/2)**.

```
G83 X10.0 Y10.0 Z-25.0 Q2.0 R0.5 F45
```



**Q** - адрес, который определяет относительную глубину каждого рабочего хода сверла

## Циклы растачивания

Код **G85** вызывает стандартный цикл растачивания. Формат для цикла **G85** похож на формат цикла сверления:

```
G98 G85 X10.0 Y10.0 Z-10.0 R10.0 F30
```

Цикл **G85** выполняет перемещение расточного резца до дна отверстия на рабочей подаче с вращением шпинделя. Когда резец достигает дна, инструмент выводится из отверстия так же на рабочей подаче.

Существует множество разновидностей цикла растачивания. Все расточные циклы в основном **отличаются друг от друга поведением при выводе инструмента из обработанного отверстия.**

Цикл растачивания	Описание цикла
G76	<p>При достижении дна отверстия, расточной резец ориентируется определенным образом и сдвигается от боковой поверхности (стенки) отверстия и выводится на ускоренной подаче. Для правильной работы с этим циклом необходимо правильно сориентировать инструмент при настройке и установке, иначе можно сломать инструмент или испортить деталь.</p>
G85	<p>Стандартный расточной цикл. Инструмент вводится в отверстие на рабочей подаче. При достижении заданной координаты, инструмент выводится из отверстия на рабочей подаче.</p>
G86	<p>При достижении дна отверстия, шпиндель прекращает вращаться и выводится из отверстия на ускоренной подаче. На боковой поверхности</p>

(стенке) отверстия, скорее всего, останется вертикальная риска.

G87

Поведение цикла может быть различным. У одних станков этот цикл выполняет растачивание за несколько рабочих операций, аналогично циклу прерывистого сверления. У других станков шпиндель останавливается на дне отверстия и выводится из него вручную. На большинстве современных ОЦ является циклом обратного растачивания.

G88

Аналогично G87. На дне отверстия можно задать время выдержки.

G89

Аналогично G85. На дне отверстия можно задать время выдержки.



# **ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПОДПРОГРАММ**

**Подпрограммой** называется вызываемая к действию основной УП система команд, управляющая действиями рабочих органов станка в определенной законченной последовательности. В подпрограммы могут быть сведены повторяющиеся процессы обработки детали.

Подпрограммы, обращение к которым осуществляется из управляющих программ, называются подпрограммами **первого уровня**. Существуют также подпрограммы **второго уровня**, обращение к ним осуществляется из подпрограмм первого уровня.

Подпрограммы вводятся в память УЧПУ независимо от основной УП до начала работы.

Кодируются подпрограммы аналогично кодированию основных УП. Вызов подпрограммы задается словом с адресом **L** и четырехразрядным десятичным числом (первые два разряда - номер подпрограммы, вторые два разряда - количество повторов). Если подпрограмма используется один раз, количество повторов можно не задавать. Адрес **L** должен стоять вторым в кадре после номера кадра.

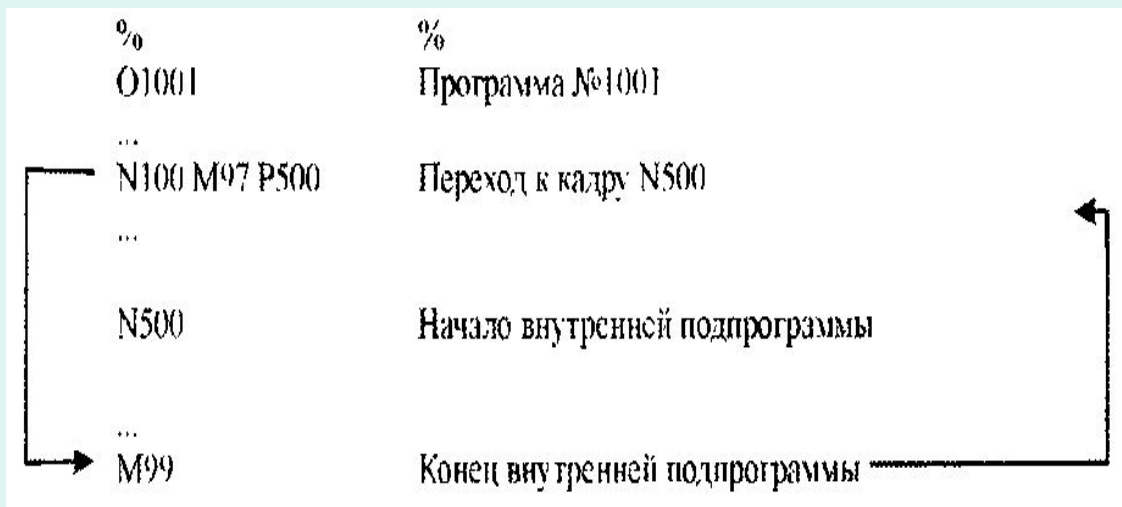
Если УП содержит часто повторяемое действие или работает по определенному шаблону, то использование подпрограмм позволяет упростить программу обработки и сделать ее гораздо меньшей в размере.

**Существует два вида подпрограмм - внутренние и внешние. Внутренние подпрограммы** вызываются при помощи кода **M97** и **содержатся внутри** главной программы. То есть они находятся в одном файле.

**Внешние подпрограммы** вызываются кодом **M98** и **не содержатся** в «теле» главной программы. В этом случае, главная программа и подпрограмма находятся **в разных файлах**.

**Внешняя подпрограмма** - это отдельная программа с индивидуальным номером, которая при желании может быть выполнена независимо от главной программы.





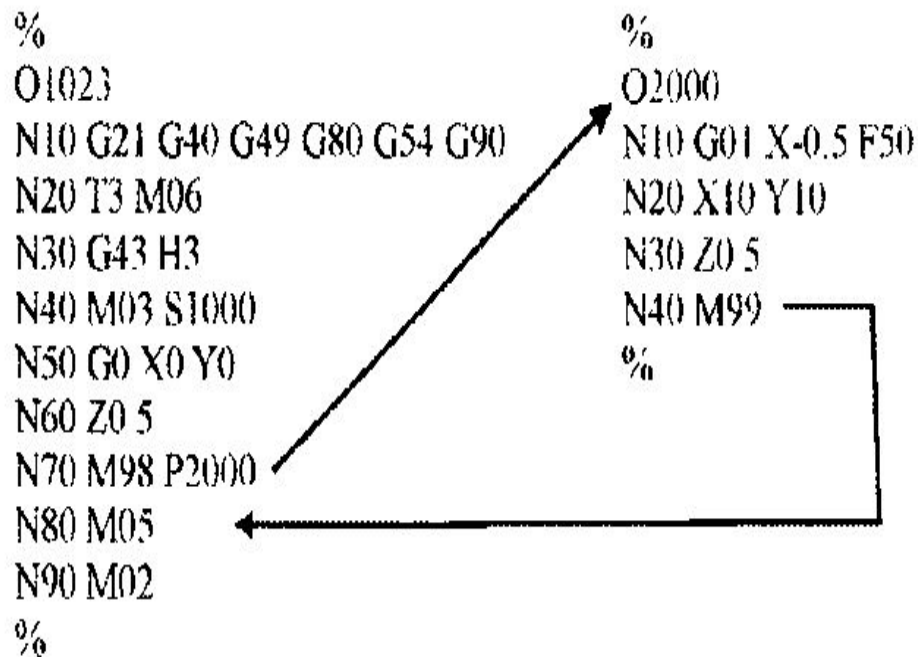
**Схема внутренней подпрограммы**

Внутренняя подпрограмма выполняется, когда СЧПУ встречает код M97. При этом адрес P указывает на номер кадра, к которому нужно перейти - то есть туда, где начинается внутренняя подпрограмма. Когда СЧПУ находит кадр с кодом окончания подпрограммы M99, то выполнение внутренней подпрограммы завершается и управление передается кадру главной программы, следующему за кадром, вызвавшим завершённую подпрограмму.

Внешние подпрограммы работают похожим образом. Когда в главной программе встречается кадр с кодом M98, то вызывается подпрограмма с номером, установленным при помощи P адреса. При нахождении кода M99 управление возвращается главной программе, то есть выполняется кадр главной программы, следующий за кадром M98.

**Главная программа**

**Внешняя подпрограмма**



**Схема внешней подпрограммы**

## Пример УП с внутренней подпрограммой

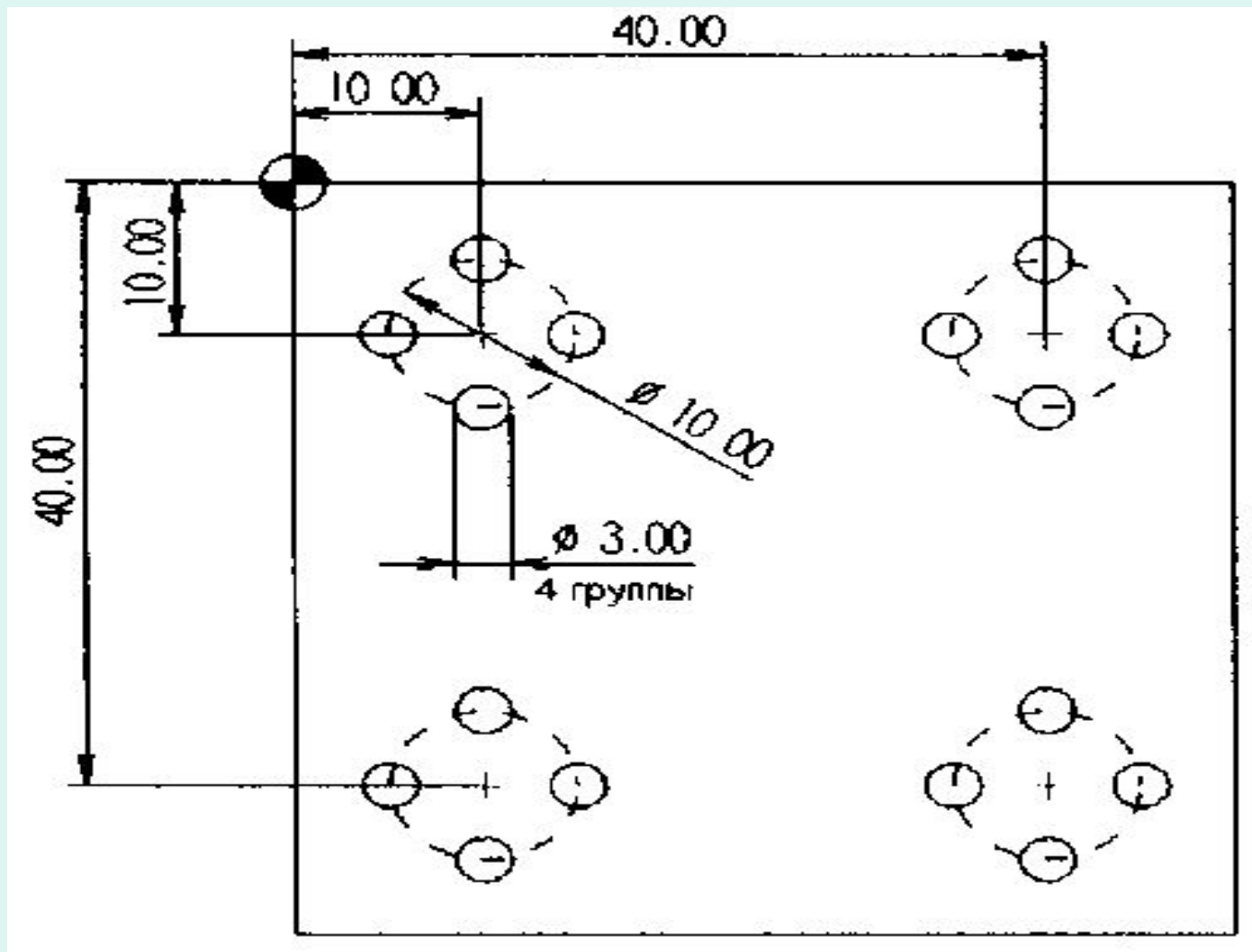
%	
O1023	Программа №1023
N10 G21 G40 G49 G54 G80 G90	Строка безопасности
N20 T3 M06	Вызов инструмента №3
N30 G43 H3	Компенсация длины инструмента
N40 M03 S1000	Включение оборотов шпинделя
N50 G00 X0 Y0	Позиционирование в X0 Y0
N60 Z0.5	Позиционирование в Z0.5
N70 <b>M97 P200</b>	Вызов внутренней подпрограммы
N80 M05	Выключение оборотов шпинделя
N90 M02	Окончание программы
<b>N200 G01 X-0.5 F50</b>	Начало внутренней подпрограммы
N210 X10 Y10	...
N220 Z0.5	...
M230 <b>M99</b>	Конец внутренней подпрограммы
%	

При помощи *L* адреса определяется сколько раз нужно вызвать ту или иную подпрограмму. Если подпрограмму нужно вызвать всего один раз, то *L* в кадре можно не указывать.

**M97 P1000 L4** - подпрограмма будет вызвана 4 раза

**Основным преимуществом** от использования подпрограмм является возможность удобной и эффективной работы с программными массивами и шаблонами. Использование подпрограмм при обработке повторяющихся элементов позволяет уменьшить размер программы.

**Пример:** главная программа и подпрограмма для обработки детали



## Главная программа для позиционирования инструмента к каждой группе отверстий.

Главная программа	Пояснение
%	
O0001	Программа O0001
N10 G90 G40 G80 G49 G98 G21	Строка безопасности
N20 T1 M06	Вызов сверла Ф3 мм
N30 G43 H1	Компенсация длины инструмента
N40 M03 S1000	Включение оборотов шпинделя
N50 G00 X10 Y-10	Позиционирование к 1-ой группе
N60 Z0.5	Подвод сверла к детали по Z
N70 M98 P1000	Вызов подпрограммы O1000
N70 G00 X40 Y-10	Позиционирование ко 2-ой группе
N80 <b>M98 P1000</b>	Вызов подпрограммы O1000
N90 G00 X10 Y-40	Позиционирование к 3-ей группе
N100 M98 P1000	Вызов подпрограммы O1000
N110 G00 X40 Y-40	Позиционирование к 4-ой группе
N120 M98 P1000	Вызов подпрограммы O1000
N130 G91 G28 Z0	Отвод инструмента по Z
N140 M05	Останов шпинделя
N150 M30	Конец программы
%	

## Подпрограмма для сверления 4 отверстий в одной группе

Подпрограмма	Пояснение
% <b>O1000</b> N10 G91 N20 G99 G81 X5 Y0 Z-5 R0.5 N30 X-5 Y-5 N40 X-5 Y5 N50 X5 Y5 N60 G80 N70 G90 N80 M99 %	Подпрограмма O1000 Режим относительных координат Цикл сверления и 1-ое отверстие Координаты 2-го отверстия Координаты 3-го отверстия Координаты 4-го отверстия Отмена цикла сверления Режим абсолютных координат Возврат в главную программу



Вопросы для самоконтроля.

1. Что называют постоянными циклами в станках с ЧПУ и в чем их преимущество?
2. Назовите постоянные циклы сверления и команды их вызова.
3. Дайте определение исходной плоскости и плоскости отвода.
4. Назовите основные циклы растачивания и команды их вызова. В чем их главное отличие?
5. Что называется подпрограммой в станках с ЧПУ и для чего их используют?
6. Какие виды подпрограмм существуют в устройствах ЧПУ и какими кодами их вызывают?
7. В чем состоит основное преимущество подпрограмм?

