

**Министерство Высшего и Специального Среднего  
Образования Республики Узбекистан**

**Ташкентский Государственный Технический Университет  
им. Абу Райхана Беруни**

**Методические указания  
по лабораторным работам «Специализированное станочное  
оборудование гибких производственных систем»**

**Ташкент 2007**

Методические указания по лабораторным работам «Специализированное станочное оборудование гибких производственных систем» для бакалавров направления 5520600 «Технология машиностроения, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»

Составители:

Шалагуров И.К.,  
Бабаназаров У.К.,  
Мамаджанов А.М.

Методические указания по лабораторным работам «Специализированное станочное оборудование гибких производственных систем» составлены в соответствии с учебным планом бакалавриатуры направления 5520600 «ТМО и АМП».

Лабораторные работы направлены на изучение принципов построения связей в блоках преобразования информации станков с ЧПУ с шаговым и следящим приводом, разработку методом структурно – технологического моделирования структурно - технологической формулы (СТФ), координатно - технологической схемы (КТС), комбинированной координатно - технологической схемы (ККТС) и формулы мощности станка (ФМС), дающих полное представление о станке, его технологических возможностях и резервах повышения производительности.

Кафедра «Технология машиностроения, оборудование и автоматизация машиностроительных производств»

Рецензенты: каф. ТМО и АМП, ТашГТУ проф. Аликулов Д.Е.;  
гл. конструктор НТФ Стан Уз Алаторцев А.М

© Ташкентский Государственный Технический Университет, 2007 г.

## Введение

Методические основы разработки лабораторных работ базируются на требованиях выработки у студентов навыков углубленной самостоятельной работы, овладения методами получения и применения знаний.

Существующие методы лабораторных занятий по профилирующим дисциплинам, например: «Технологическое оборудование автоматизированного производства» насыщены практическими приемами настройки и наладки станков и очень мало внимания уделяется изучению структуры, технологических возможностей и методам анализа станка.

В основу структурно-технологического моделирования положено назначение станка и технологические требования к нему.

Учитывая, что точность формообразующих движений и размеров определяется, при соблюдении других требований, координатной структурой и дискретностью перемещений, а производительность допускаемыми режимами резания и скоростью холостых перемещений, в основу формализации описания приняты координатная структура и технологическая возможность станка.

Рассматриваемая методика формализации описания станков базируется на работе [2].

## 2 Состав формализованного описания станков

Формализованное описание станка с ЧПУ состоит из:

- а) координатно-технологической схемы (КТС);
- б) структурно-технологической формулы станка (СТФ);
- в) комбинированной координатно-технологической схемы (ККТС);
- г) формулы мощности станка (ФМС).

КТС представляет собой плоское изображение обрабатываемой детали и инструмента, замкнутой координатными векторами, отображающими формообразующие и вспомогательные движения рабочих и исполнительных органов (подвижных блоков) и условным изображением станины (неподвижного блока).

На КТС обозначаются все формообразующие и вспомогательные (установочные, делительные и др.) движения. Особенностью КТС является то, что многомерный объект изображается как плоский посредством условных обозначений.

СТФ базируется на структурной формуле компоновки [1] и состоит из цепочки кодов, представляющих собой координатные обозначения рабочих и вспомогательных органов (подвижных блоков) станка с указанием их технологических и кинематических характеристик и обозначение неподвижного блока – станины «НП». Начинается СТФ с кода блока на котором крепиться заготовка.

ККТС является следующим за КТС этапом проектирования или изучения станка. Она в дополнение к КТС несет информацию о кинематической структуре станка, приводах и их местоположении. ККТС графически представляет собой наложение на КТС кинематические связи с размещением и привязкой приводов.

ФМС состоит из последовательности кодов мощности и характеристик двигателей приводов, соответствующей последовательностей блоков СТФ.

Применение метода структурно-технологического моделирования открывает возможность начинать проектирование станка одновременно с разработкой технологического процесса на обработку детали, автоматизировать проектирование станков, а также облегчает изучение и анализ существующих станков.

### 3 Содержание комплекса лабораторных работ

Примерное содержание комплекса лабораторной работы по какому-либо станку с ЧПУ:

1 Ознакомиться по натуре с компоновкой, конструкцией, приводами и кинематикой рабочих узлов (блоков станка), ручным пультом управления и устройством ЧПУ.

2 Определить все рабочие (формообразующие) и вспомогательные движения, их характер (вращательное, поступательное) и блоки (приводы с преобразующими механизмами, рабочими и исполнительными органами). Определить назначение станка и изобразить технологическую схему обработки.

3 Обозначить все координатные оси в соответствии с рекомендациями ISO R 841 [2].

Например, для токарного станка с ЧПУ

4 Построить координатно-технологическую схему станка (КТС).

5 Определить и записать в общем виде структурно-технологическую формулу СТФ станка, например типа 1К62Ф3:

$$СТФ \equiv \hat{C}_h \frac{l \cdot d_{\max}; l_{\max}}{(n_1 \dots n_n)} HnZ \frac{l_z}{F_{z\min} - F_{z\max}}$$
$$X \frac{l_x}{F_{x\min} - F_{x\max}} \partial_z \dots \partial_x \omega^{P\partial 3\partial} \cdot l_{\omega r}(l_2)\Phi 3-1$$

где:  $\hat{C}_h$  – вращение горизонтального ( $h$ ) шпинделя относительно оси  $Z(C)$ , движение главное ( $\wedge$ ), заготовка крепиться в шпинделе, так как первым слева пишется блок несущий заготовку [2];

$l$  – количество шпинделей;

$(n \dots n_n)n$  – наименьшее ( $n_1$ ), наибольшее ( $n_n$ ) число оборотов шпинделя, регулирование частоты ступенчатое ( $\dots$ ), число ступеней ( $n$ );

$Hn$ - станина;

$Z$  - продольный суппорт;

$l_z$  - наибольшее перемещение продольного суппорта;

$F_{\min} - F_{\max}$  - наименьшая ( $F_{\min}$ ), наибольшая ( $F_{\max}$ ) подача мм/мин, регулировка подач – бесступенчатое;

$X$  - поперечный суппорт;

$l_x$  - наибольшее перемещение поперечного суппорта, мм;  
 $\partial z; \partial x$  - дискретность перемещения по координатам  $Z$  и  $X$  соответственно;  
 $l_w$  - ручное перемещение верхнего суппорта, мм;  
 $P\partial 3\partial$  - резцедержатель на 3 резца, поворот относительно оси  $Y$  вручную;  
 $r(l_2)$  - ручное перемещение задней бабки на длину  $l_2$ , мм;  
 $\Phi 3-1$  – контурная система программного управления ( $\Phi 3$ ), в приводах подач использованы шаговые двигатели.

Для станков типа фрезерных, сверлильных на которых заготовка устанавливается и закрепляется на столе, СТФ начинают записывать с обозначения стола.

Например, для вертикально-фрезерных станков типа ФП-17 и ряда других, КТС имеет вид (КТС и ККТС по виду слева [2])

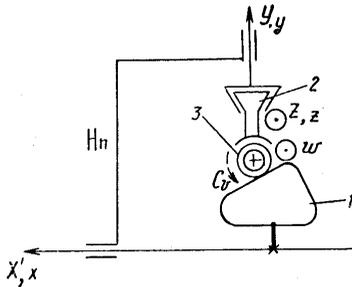


Рис. 1. КТС в вертикально-фрезерного станка с ЧПУ:

1 – деталь; 2 – шпиндельная головка; 3 - фреза

Общий вид СТФ будет:

$$\begin{aligned}
 \text{СТФ} \equiv & X \frac{l_x}{F_{x\min} - F_{x\max}} Hn Y \frac{l_y}{F_{y\min} - F_{y\max}} \\
 & Z \frac{l_z}{F_{z\min} - F_{z\max}} \partial_x \partial_y \partial_z \dots C_v \frac{1}{(n_1 \dots n_n)} F_{\partial_x} \dots F_{\partial_y} \cdot \\
 & \dots F_{\partial_z} \dots \Phi 3 - 2nl \cdot xl_x \cdot yl_y \cdot zl_z \cdot wl_w
 \end{aligned}$$

где:  $l_x$  - продольное перемещение стола (по оси  $X$ ), мм;  
 $l_y$  - поперечное перемещение ползуна (по оси  $Y$ ), мм;

$lz$  - вертикальное перемещение фрезерной головки (по оси Z), мм;

$W(lw)$ - координата ( $W$ ) и длина ( $lw$ ) вертикального перемещения пиноли шпинделя вручную (относительно шпиндельной головки), мм;

$\Phi 3-2$  – контурная система программного управления, привод следящий.

Обозначения (коды) координатных осей (перемещений) согласно ГОСТ 13052-74 и ISO для ЧПУ [2] следующие:

Таблица 1

X	Y	Z
U	V	W
P	Q	R

Из таблицы видно, что если заняты обозначения  $X, Y, Z$  то выбирают соответственно  $U, V, W$ , а если и они заняты  $P, Q, R$ .

Вращение относительно осей  $X, Y, Z$  обозначают соответственно  $A, B, C$ . В резерве  $L$  и  $E$ .

Прописными (большими) буквами обозначают формообразующие движения, обычно выполняемые вручную [2]. Если же один и тот же блок выполняет формообразующие и вспомогательные, установочные движения, то применяются обозначение его прописной буквой того же латинского алфавита.

6 Непосредственно со станка и устройства ЧПУ, не прибегая к использованию паспорта и др. руководящих материалов, снять все параметры входящие в СТФ:

$(n_1 \dots n_n)n, lz, lx, ly, F_{min} - F_{max}, \partial z; \partial x, \partial y$  и др.

Некоторые из них можно переписать в отчет из табличек имеющихся на станке.

7 Используя выявленные на станке конкретные значения параметров характеристик записать в СТФ в конкретном виде для изучаемого станка.

Например СТФ токарно-центрового станка модели 1К62Ф3 будет:

$$CT\Phi_{1K62\Phi3} \equiv \hat{C}_h \frac{400;1000}{(10,5-2000)15} HnZ \frac{1000}{6-1200}$$

$$\partial_z 0,05X \frac{200}{0,6-120} \partial_x 0,05W^{P\partial3\Phi} \Phi3-1_{мл} z1200$$

$$x200 w100 r1000$$

где: *мл* - программоноситель магнитная лента

СТФ вертикально-фрезерного станка мод ФП-17МН будет:

$$CT\Phi_{ФП-17МН} \equiv X \frac{1600}{0,1-1500} HnY \frac{600}{0,1-1500}$$

$$Z \frac{250}{0,1-1000} \partial_{xyz} 0,01w100C_v \frac{1}{(10,5-2155)8}$$

$$\Phi3-2_{нл}$$

где: *нл* - программоноситель перфолента

8 По СТФ определить наибольшие размеры обрабатываемой заготовки.

9 Изучить смазочную систему станка.

10 Изучить гидропривод станка.

11 Выявить все двигатели, используемые в станке и записать в формулу мощности станка (ФМС).

Например, формула мощности вертикально-фрезерного станка модели ФП-17МН будет:

$$N_{ФП-17МН} = N_x \frac{1,9^-}{1000} + N_y \frac{1,9^-}{1000} + N_z \frac{1,0^-}{1000} +$$

$$+ N_{ин} \frac{22^{\sim}}{3000} + N_{см} \frac{0,27^{\sim}}{1400} + N_{заж} \frac{0,27^{\sim}}{1500}$$

где индексы означают соответственно двигатели подачи (X; Y; Z), шпинделя (*ин*), смазки (*см*), охлаждения (*охл*), гидропривода зажима инструмента (*заж*), в числителе записываются мощность каждого двигателя *N*, род тока «-» - постоянный, «~» - переменный; в знаменателе записывается число оборотов двигателя (об/мин).

## **Лабораторная работа № 1**

### **Структурно-технологическое моделирование токарного станка модели 16К20Ф3**

Цель работы: Ознакомление с токарным станком с ЧПУ мод. 16К20Ф3; изучить технологические возможности станка и резервы повышения производительности путем разработки структурно-технологической модели станка.

#### Назначение станка.

Станок предназначен для обработки наружных и внутренних цилиндрических, конических, сферических и фасонных поверхностей, нарезания червяков и различных видов одно- и многозаходных резьб, в том числе с переменным шагом.

При обработке конических и сферических поверхностей заготовка совершает простое формообразующее движение – главное движение, посредством которого обеспечиваются направляющие в виде окружностей. Резец закрепленный на поворотной резцедержке совершает сложное формообразующее движение, которое методом следа обеспечивает образующую соответствующей формы. Составляющие этого сложного движения являются соответственно движениями продольной (координата  $Z$ ) и поперечной (координата  $X$ ).

В случае обработки резьб заготовка и резец совершают сложное формообразующее движение.

#### Описание станка.

Станок с ЧПУ мод. 16К20Ф3 представляет из себя совокупность двух частей – устройства управления и собственно станка.

Устройство управления оформляется в виде стойки с ячейками электронных блоков, устанавливаемых у станка, и характеризуется используемым программносителем, способом считывания и ввода информации, наличием блоков индикации, коррекции редактирования программ, блока ручного ввода информации, элементной базой исполнения схем блоков.

Собственно станок характеризуется: назначением, его компоновкой, характеристиками привода главного движения, приводом

подач, наличием установочных и ручных перемещений, наличием блоков и узлов расширяющих технологические возможности и упрощающих процесс эксплуатации станка (наличие постоянно фиксированной нулевой точки, механизма автоматической смены инструмента и др.)

Оценка станка с ЧПУ в целом производится по следующим основным показателям: производительность, точность обработки и трудоемкость эксплуатации станка.

Привод главного движения осуществляется от асинхронного частотно-регулируемого электродвигателя с частотой вращения 1460 об/мин. Частота вращения шпинделя регулируется в пределах 12,5 – 2000 об/мин в трех поддиапазонах. Переключение поддиапазона ручное. Привод подачи суппорта станка с инструментальной головкой (координаты Z и X) шаговый с гидроусилителем крутящего момента – типа ШД4.

Головка инструментальная автоматическая шестипозиционная с горизонтальной осью вращения установлена на поперечных салазках, которые смонтированы на направляющих каретки суппорта. Основание станка и станина объединены в один неподвижный блок.

Программа обработки записывается на бумажной 8 мм дорожковой перфоленте в коде ISO. Устройство числового программного управления типа 2P22.

Задняя бабка имеет электромеханический привод для перемещения пиноли, зажима и разжима ее выполняемых по программе. Перемещение задней бабки по направляющим станины для установки её на партию деталей осуществляется вручную.

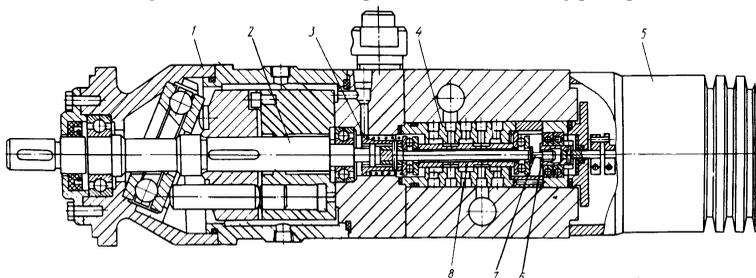


Рис. 1. Электрогидравлический шаговый двигатель

Основой электрогидравлического шагового привода является электрогидравлический шаговый двигатель, в состав которого входят электрический шаговый двигатель и гидроусилитель вращающего момента. Последний состоит из аксиально-поршневого гидродвигателя 1 (рис. 1) и следящего золотника осевого типа. Ротор шагового двигателя 5 соединен с гайкой 6 узла сравнения, а плунжер 8 следящего золотника – с винтом 7.

Когда ротор шагового двигателя находится в покое, плунжер 8 установлен относительно гильзы 4 в среднее положение, так что масло под давлением поступает под все поршни гидродвигателя и его ротор 2 не вращается. Поворот ротора шагового двигателя сопровождается поворотом гайки 6, осевым перемещением винта 7 и плунжера 8. При этом масло от насоса поступает в одну полость гидродвигателя, и его ротор поворачивается в том же направлении, что и ротор шагового двигателя. Посредством втулки 3 и штифта движение ротора 2 передается винту 7, который, вращаясь относительно гайки 6, перемещается в осевом направлении и передвигает плунжер 8 следящего золотника.

Когда плунжер придет в среднее положение, вал гидродвигателя остановится.

Таким образом, единичные шаги ротора шагового двигателя обрабатываются гидродвигателем. В режиме разгона рассогласование в следящем золотнике увеличивается до тех пор, пока угловые скорости гидродвигателя и шагового двигателя не станут одинаковыми.

В установившемся режиме рассогласование сохраняется соответствующим частоте вращения внешней нагрузки.

При частоте управляющих импульсов свыше 8 кГц отставание ротора гидродвигателя от ротора шагового двигателя обычно равно 90-100°.

Насосная установка для питания электрогидравлических шаговых приводов станка состоит из аксиально-поршневого насоса с автоматически регулируемой подачей, устройств подпитки, фильтрации, охлаждения рабочей жидкости, ее предварительного подогрева и контрольно регулирующей аппаратуры

## Техническая характеристика станка

1	Наибольший диаметр обрабатываемых заготовок, мм	400
2	Число инструментов.....	6
3	Регулирование частоты вращения шпинделя.....	Бесступенчатое
4	Пределы частот вращения шпинделя, об/мин.....	12,5 - 2000
5	Число скоростей шпинделя	22
6	Пределы подачи, мм/мин:	
	- координата Z .....	3 – 1200
	- координата X.....	1,5 – 600
7	Пределы шагов нарезаемых резьб	0,05 – 20
8	Скорость быстрого перемещения, мм/мин	
	- координата Z .....	4800
	- координата X.....	2400
9	Дискретность перемещения, мм:	
	- координата Z .....	0,01
	- координата X.....	0,005
10	Число одновременно управляемых координат.....	2
11	Тип устройства ЧПУ.....	2P22
12	Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....	10
13	Мощность шаговых электродвигателей, кВт.....	0,48
14	Мощность электродвигателя автоматического поворота инструментальной головки, кВт.....	0,18

### Порядок выполнения работы

- 1 Изучить назначение станка.
- 2 Определить основные узлы станка.
- 3 Изучить принцип работы станка и конструкцию основных узлов.
- 4 Ознакомиться с устройством ЧПУ станка.
- 5 Определить положительное направление координатных осей станка.
- 6 Ознакомиться с технической характеристикой станка.
- 7 Разработать структурно-технологическую формулу станка (СТФ).
- 8 Разработать координатно-технологическую схему станка (КТС).

- 9 Разработать комбинированную координатно-технологическую схему станка (ККТС).
- 10 Записать формулу мощности станка (ФМС).
- 11 Выводы – указать пути повышения технологических возможностей станка.
- 12 Составить отчет о выполненной работе.

### Контрольные вопросы

- 1 Назначение станка
- 2 Принцип работы шагового привода подачи
- 3 Что такое дискретность перемещения рабочего органа станка?
- 4 Положительные направления координатных осей станка
- 5 Какой системой управления ЧПУ оснащен станок?
- 6 Что входит в структурно-технологическую формулу станка?
- 7 Что такое координатно-технологическая схема станка?
- 8 Чем отличается комбинированная координатно-технологическая схема от координатно-технологической схемы?
- 9 Для чего составляется формула мощности станка?

## **Лабораторная работа № 2**

### **Структурно-технологическое моделирование вертикально-сверлильного станка с ЧПУ модели 2P135Ф2**

#### Назначение и основные узлы станка

Станок модели 2P135Ф2 предназначен для обработки отверстий в деталях изготавливаемых небольшими партиями.

Обрабатываемая деталь закрепляется на крестовом столе (рис. 1), который, перемещаясь последовательно в двух взаимно-перпендикулярных направлениях, устанавливает ее в заданной позиции, т. е. обеспечивает совпадение осей обрабатываемых отверстий с осью вращения шпинделя, причем с высокой точностью (в пределах  $\pm 0,05$  мм).

Обработка отверстий производится инструментами, находящимися в шпинделях шестипозиционной револьверной головки.

Сверление, рассверливание, зенкерование, развертывание выполняется по циклу «быстрый подвод - рабочая подача – быстрый отвод». Цекование и зенкование могут производиться с выдержкой без подачи в конце рабочего хода. Стол, салазки и суппорт револьверной головки имеют электромеханические замкнутые приводы. С ходовыми винтами приводов связаны измерительные преобразователи (сельсины), контролирующие перемещения. Станок оснащен системой ЧПУ «Координата С-70-3», позволяющей ему работать в полуавтоматическом режиме (установка заготовки и снятие детали осуществляется вручную). Управляющая программа задается на восьмидорожковой перфоленте в коде ИСО-7 бит.

#### Привод главного движения.

Ступенчатая коробка скоростей обеспечивает 12 частот вращения шпинделя, которые переключаются автоматически при помощи электромагнитных муфт. Электродвигатель  $M_2$  ( $N = 4,5$  кВт;  $n = 960$  об/мин)

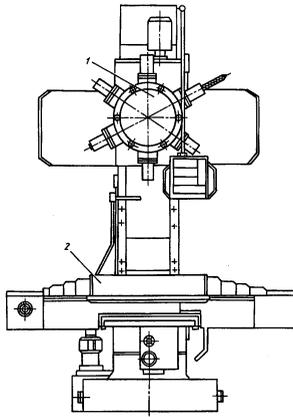


Рис. 1. Общий вид вертикально-сверлильного станка с ЧПУ мод. 2Р135Ф2: 1 – шестипозиционная револьверная головка; 2 – крестовый стол

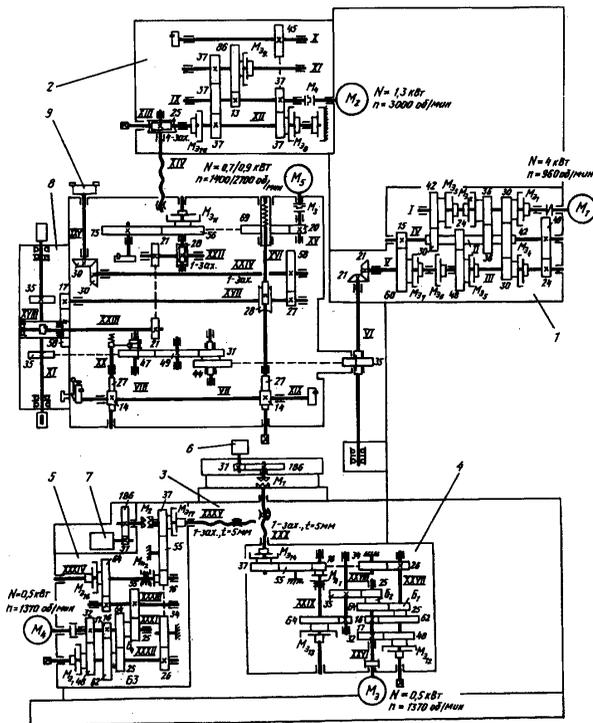


Рис. 2. Кинематическая схема вертикально-сверлильного станка с ЧПУ  
мод. 2P135Ф2

## Кинематика станка

### Привод суппорта револьверной головки

Быстрое перемещение суппорт получает от электродвигателя постоянного тока ПБСТ-23 ( $N = 1,3$  кВт;  $n = 60 \dots 3000$  об/мин) при включении электромагнитной муфты  $M_{Э3}$ .

Рабочая подача производится от электродвигателя  $M_2$  при включении электромагнитной муфты  $M_{Э1}$ .

### Привод поворота револьверной головки

Механизм периодических поворотов револьверной головки получает движение от двухскоростного асинхронного электродвигателя  $M_5$  ( $N = 0,7/0,9$  кВт;  $n = 1400/2700$  об/мин). Вначале цикла поворота происходит освобождение механизма зажима револьверной головки. При включении электродвигателя и муфты вращение получает червяк. Вследствие того, что вал вместе с червячным колесом заторможены, червяк вывинчиваясь из него перемещает вниз рейку. От реечного колеса движение передается зубчато-реечной паре.

Рейка выводит колесо из зацепления с другим колесом, благодаря чему на шпиндель находящийся в рабочей позиции револьверной головки, перестает вращаться. Кулачок с помощью рычага снимает пружину, вследствие чего зажим револьверной головки освобождается. В этот момент червячное колесо, получив возможность вращаться через вал, передает движение зубчатым колесам. Последнее жестко соединено с револьверной. При быстром повороте она перебегает заданную позицию, а затем, медленно вращаясь в обратном направлении выходит на нее. Циклом поворота револьверной головки управляет командоаппарат.

После останова револьверной головки на жестком упоре червяк вывинчиваясь из червячного колеса, перемещается вверх, благодаря чему происходит зажим револьверной головки и рабочий шпиндель получает вращение.

### Привод крестового стола

Позиционирование крестового стола в продольном и поперечном направлениях осуществляется отдельными приводами 4 и 5, каждый из которых обеспечивает две скорости его перемещения: быструю и медленную ( $N = 0,7$  кВт,  $n = 1370$  об/мин).

Крестовой стол состоит из основания, салазок и собственно стола. Салазки перемещаются в поперечном направлении, а стол в продольном.

Переключение с быстрой скорости на медленную (ползучую) осуществляется автоматически электромагнитными муфтами. В цепях обратной связи применяются датчики в виде круговых контактных кодовых преобразователей 6 и 7, соединенных с ходовыми винтами передачи  $\frac{186}{31}$ .

### **Техническая характеристика станка**

1	Наибольший диаметр обрабатываемого отверстия, мм.....	35
2	Число шпинделей револьверной головки.....	6
3	Число частот вращения шпинделя.....	12
4	Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	31,5 - 1400
5	Число подач суппорта револьверной головки	18
6	Пределы подачи суппорта, мм/мин.....	10 - 500
7	Скорость быстрого перемещения суппорта, мм/мин.....	3360
8	Скорость перемещения стола, мм/мин - быстрого.....	3210
	- медленного.....	2,1
9	Наибольший ход стола, мм - продольный.....	560
	- поперечный.....	360
10	Дискретность перемещения, мм.....	0,01
11	Число координат.....	4
12	Число одновременно управляемых координат	2
13	Тип УЧПУ.....	Координата С-70-3
14	Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....	4

### Порядок выполнения работы

- 1 Изучить назначение станка.
- 2 Изучить принцип работы станка.
- 3 Определить положительное направление координатных осей станка.
- 4 Разработать координатно-технологическую схему станка (КТС).
- 5 Разработать структурно-технологическую формулу станка (СТФ).
- 6 Разработать комбинированную координатно-технологическую схему станка (ККТС).
- 7 Записать формулу мощности станка (ФМС).

### Контрольные вопросы.

- 1 Назначение станка модели 2P135Ф2
- 2 Как производится измерение перемещений рабочих органов станка?
- 3 Как определить положительные направления координатных осей станка?
- 4 Что такое координатно-технологическая схема станка (КТС)?
- 5 Какая информация содержится в структурно-технологической формуле станка (СТФ)?
- 6 Чем отличается комбинированная координатно-технологическая схема станка (ККТС) от координатно-технологической схемы станка (КТС)?
- 7 Какая информация содержится в формуле мощности станка (ФМС)?
- 8 Каким типом устройства числового программного управления (УЧПУ) оснащен станок модели 2P135Ф2?

## Лабораторная работа № 3

### Структурно-технологическое моделирование вертикально-фрезерного станка с ЧПУ модели 6Н13Ф3

#### Назначение и основные узлы станка

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ модели 6Н13Ф3 предназначен для обработки плоских, фасонных и объемных деталей: кулачков, шаблонов, штампов и др. Он создан на базе универсального серийного вертикально-фрезерного станка и имеет привод главного движения в виде коробки скоростей с асинхронным электродвигателем *М1* (рис. 1). Шпиндель получает 18 ступеней частоты вращения

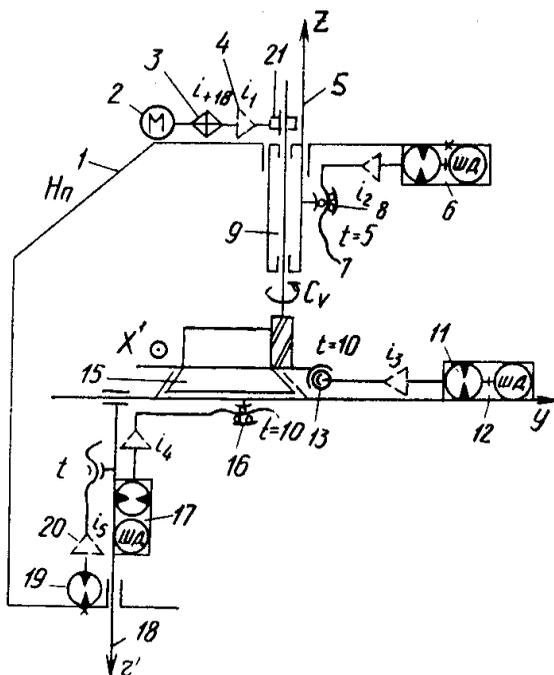


Рис. 1. КТСл вертикально-фрезерного консольного станка

Станок оснащен шаговыми электрогидравлическими приводами, которые через зубчатые передачи сообщают вращение ходовым винтам шпиндельной бабки, стола и салазок.

#### Система управления станком

Станок оснащен системой числового программного управления типа НЗЗ-14, которая состоит из устройства управления шаговыми двигателями, интерполятора и устройства ввода программы.

Интерполятор представляет собой вычислительный блок устройства предназначенный для реализации алгоритма интерполяции, рассчитывает последовательность движений по координатам для каждого участка интерполяции. Геометрическая информация задается по адресам  $X$ ;  $Y$ ;  $Z$  в прямоугольной системе координат. При линейной интерполяции вводится функция:  $G01$ , приращенная по каждой координате и их направления, при круговой - признаки плоскости обработки, направления движения по часовой стрелке или против (функции  $G02$  или  $G03$ ), приращения координат начальной точки относительно центра окружности. В состав интерполятора входят устройства: управления, формирующее функцию  $G$ , сигналы конца отработки кадра  $KOK$  и режимов; передачи геометрической информации из устройства ввода - вывода в регистры буферной памяти интерполятора; интеграторы  $X$ ;  $Y$ ;  $Z$ .

#### Электрогидравлический шаговый привод

Основой электрогидравлического шагового привода является электрогидравлический шаговый двигатель, в состав которого входят электрический шаговый двигатель и гидроусилитель вращающего момента. Последний состоит из аксиально-поршневого гидродвигателя 1 (рис. 2) и следящего золотника осевого типа. Ротор шагового двигателя 5 соединен с гайкой 6 узла сравнения, а плунжер 8 следящего золотника – с винтом 7.

Когда ротор шагового двигателя находится в покое, плунжер 8 установлен относительно гильзы 4 в среднее положение, так что масло под давлением поступает под все поршни гидродвигателя и его ротор 2 не вращается. Поворот ротора шагового двигателя сопровождается поворотом гайки 6, осевым перемещением винта 7 и плунжера 8.

При этом масло от насоса поступает в одну полость гидро-двигателя, и его ротор поворачивается в том же направлении, что и ротор шагового двигателя. Посредством втулки 3 и штифта движение ротора 2 передается винту 7, который, вращаясь относительно гайки 6, перемещается в осевом направлении и передвигает плунжер 8 следящего золотника.

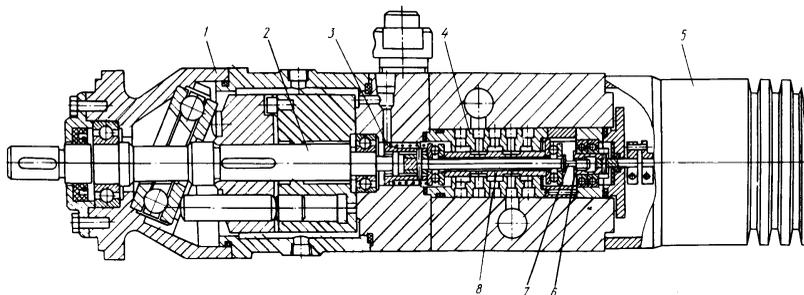


Рис. 2. Электрогидравлический шаговый двигатель

Когда плунжер придет в среднее положение, вал гидродвигателя остановится.

Таким образом, единичные шаги ротора шагового двигателя обрабатываются гидродвигателем. В режиме разгона рассогласование в следящем золотнике увеличивается до тех пор, пока угловые скорости гидродвигателя и шагового двигателя не станут одинаковыми.

В установившемся режиме рассогласование сохраняется соответствующим частоте вращения внешней нагрузки.

При частоте управляющих импульсов свыше 8 кГц отставание ротора гидродвигателя от ротора шагового двигателя обычно равно 90-100°. Насосная установка для питания электрогидравлических шаговых приводов станка состоит из аксиально-поршневого насоса с автоматически регулируемой подачей, устройств подпитки, фильтрации, охлаждения рабочей жидкости, ее предварительного подогрева и контрольно регулирующей аппаратуры

## Техническая характеристика станка

1	Размеры рабочей поверхности стола (ширина x длина) .....	400 x 1600
2	Число частот вращения шпинделя.....	18
3	Наибольшая частота вращения шпинделя, об/мин .....	
4	Наименьшая частота вращения шпинделя, об/мин.....	
5	Пределы подачи, мм/мин	
	- продольной.....	8 - 1200
	- поперечной.....	8 - 1200
	- вертикальной.....	8 - 800
6	Регулирование подачи.....	Бесступенчатое
7	Скорость быстрых перемещений в продольном и поперечном направлениях, мм/мин.....	4000
8	Число координат.....	4
9	Число одновременно управляемых координат...	3
10	Дискретность перемещения по осям координат, мм.....	0,01
11	Тип устройства числового программного управления.....	НЗ3-1М
12	Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....	7,8

### Порядок выполнения работы

- 1 Изучить назначение станка.
- 2 Изучить принцип работы станка.
- 3 Ознакомиться с системой ЧПУ.
- 4 Изучить устройство электрогидравлических шаговых приводов подачи и гидросистему.
- 5 Определить положительное направление координатных осей станка.
- 6 Разработать координатно-технологическую схему станка (КТС).
- 7 Разработать структурно-технологическую формулу станка (СТФ).
- 8 Разработать комбинированную координатно-технологическую схему станка (ККТС).
- 9 Записать формулу мощности станка (ФМС).

## Контрольные вопросы

- 1 Назначение станка модели 6Н13Ф3
- 2 Принципы работы шагового двигателя
- 3 Принцип работы гидроусилителя вращающего момента
- 4 Принцип работы электрогидравлического шагового привода подачи
- 5 Недостатки электрогидравлического шагового привода подачи

## Лабораторная работа № 4

### Структурно-технологическое моделирование вертикально-фрезерного бесконсольного станка с ЧПУ модели ФП-17М

Цель работы: ознакомление с вертикально-фрезерным бесконсольным станком с ЧПУ модели ФП-17М; изучить технологические возможности станка и резервы повышения производительности путем разработки структурно-технологической модели станка.

#### Назначение станка.

Станок предназначен для контурной и плоской автоматической обработки различных металлов по программе на восьмидорожковой перфоленте при управлении его от устройства ЧПУ НЗ3-2М.

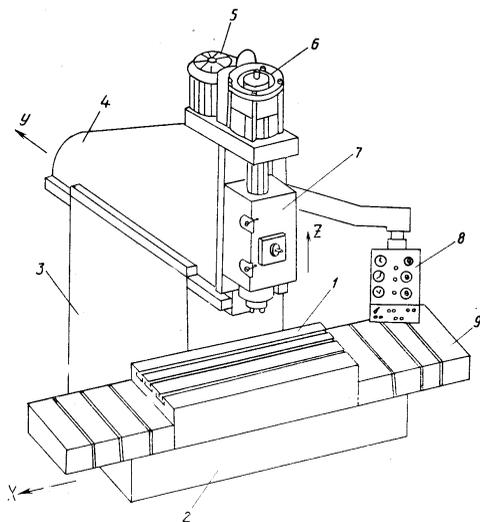


Рис. 1. Вертикально-фрезерный станок с поперечным ползуном: 1 – стол; 2 – станина; 3 – тумба; 4 – ползун; 5 – электродвигатель; 6 – гидроцилиндр; 7 – фрезерная головка; 8 – пульт; 9 – телескопические щитки

Станок характерен своей компоновкой. Стол 1 перемещается по направляющим станины 2, к которой непосредственно прикреп-

лена тумба 3 с направляющими для ползуна 4, совершающего поперечное движение по координате  $Y$ .

По вертикальным направляющим ползуна перемещается фрезерная головка 7 (координата  $Z$ ). Вращение шпинделя осуществляется от электродвигателя 5 через коробку скоростей. Разжим инструмента в шпинделе производится гидроцилиндром 6. К трубе шарнирно подвешен пульт оператора 8 для управления в наладочном режиме работы. Направляющие станины предохраняются от загрязнения телескопическими щитками 9.

Приспособление с обрабатываемой заготовкой крепиться на рабочей поверхности стола, перемещаемого вдоль станины. Базой для установки приспособления служит средний паз стола и калиброванное отверстие  $\varnothing 20$  мм расположенное в середине стола.

К задней стенке станины прифланцована тумба по направляющим которой перемещается ползун. Направление перемещения ползуна перпендикулярно направлению перемещения стола.

Приводы перемещения стола, ползуна и фрезерной головки осуществляются от электродвигателей постоянного тока с тиристорными преобразователями, через редуктора подачи и шариковые винтовые пары, установленные соответственно на станине, тумбе и ползуне.

Привод главного движения (вращение шпинделя фрезерной головки) осуществляется от электродвигателя переменного тока и коробку скоростей, обеспечивающих восемь ступеней регулирования чисел оборотов шпинделя в диапазоне 185 – 2055 об/мин.

Наибольшее программируемое перемещение стола 1600 мм, ползуна 600 мм, фрезерной головки 250 мм. Скорость перемещения по координатам регулируется бесступенчато в пределах: по  $X$  и  $Y$  от 0,1 до 1500 мм/мин, по  $Z$  от 0,1 до 1200 мм/мин.

Фрезерный шпиндель расположен вертикально. Система управления контурная, привод подачи следящий. Фрезерная головка, стол и ползун могут перемещаться как автоматически по программе, так и в наладочном режиме при ручном управлении «от кнопки» или вручную.

Пиноль фрезерной головки имеет только наладочное перемещение 100 мм.

Гидросистема предназначена для разжима инструмента в шпинделе, смазка направляющих станины, тумбы, фрезерной головки, редукторов продольной и поперечной подачи, коробки скоростей и редуктора вертикальной подачи.

Мощность электродвигателя привода насоса гидросистемы  $N = 0,6$  кВт.

На ползуне растянута и неподвижно закреплен ходовой винт шариковинтовой пары поперечной подачи с вращающейся гайкой не имеющей возможности осевого перемещения. Аналогично ходовой винт продольной подачи (координата  $X$ ) растянута и неподвижно закреплен на столе станка и гайка шариковинтовой пары продольной подачи совершает вращательное движение, оставаясь неподвижной в осевом направлении. Иначе решена задача вертикальной подачи фрезерной головки, где ходовой винт вращается, а гайка шариковинтовой пары совершает движение вместе с фрезерной головкой.

В цепях главной обратной связи используются в качестве измерительных преобразователей вращающиеся трансформаторы ВТ.

### Техническая характеристика станка

1	Рабочая поверхность стола, мм	
	- ширина.....	500
	- длина.....	1600
2	Расстояние от переднего конца шпинделя до рабочей поверхности стола, мм:	
	- наименьшее.....	200
	- наибольшее.....	550
3	Наибольшее продольное перемещение стола, мм.....	1600
4	Наибольшее поперечное перемещение стола, мм.....	600
5	Наибольшее вертикальное перемещение, мм:	
	- фрезерной головки.....	250
	- пиноли.....	100
6	Число оборотов шпинделя, об/мин.....	185 - 2055
7	Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....	22
8	Число скоростей вращения шпинделя.....	8

9	Диапазон подач по координатам, мм/мин:	
	- по X и Y.....	0,1 - 1500
	- по Z.....	0,1 - 1200
10	Скорость быстрых перемещений по координатам: X; Y; Z, м/мин.....	2400
11	Число управляемых координат	3
12	Тип устройства ЧПУ.....	НЗЗ-2М
13	Мощность электродвигателей, кВт:	
	- продольной.....	1,5
	- поперечной.....	1,5
	- вертикальной подач.....	1,5
14	Тип привода подач.....	Следящий
15	Дискретность перемещений по координатам, мм	0,01

### Порядок выполнения работы

- 1 Изучить назначение станка.
- 2 Определить основные узлы станка.
- 3 Изучить принцип работы станка и конструкцию основных узлов.
- 4 Ознакомиться с устройством ЧПУ станка.
- 5 Определить положительное направление координатных осей станка.
- 6 Ознакомиться с технической характеристикой станка.
- 7 Разработать структурно-технологическую формулу станка (СТФ).
- 8 Разработать координатно-технологическую схему станка (КТС).
- 9 Разработать комбинированную координатно-технологическую схему станка (ККТС).
- 10 Записать формулу мощности станка (ФМС).
- 11 Выводы – указать пути повышения технологических возможностей станка.
- 12 Составить отчет о выполненной работе.

### Контрольные вопросы.

- 1 Назначение станка модели ФП-17М
- 2 Какой привод главного движения станка?
- 3 Тип привода подачи, стола, ползуна, фрезерной головки.

- 4 Основные узлы станка.
- 5 По каким координатам перемещаются стол, ползун и фрезерная головка?
- 6 Величина дискретности перемещений по координатам
- 7 Какой тип УЧПУ?
- 8 Число одновременно управляемых координат
- 9 Для чего предназначена гидросистема станка?
- 10 Положительное направление координатных осей.
- 11 Что включает в себя структурно - технологическое моделирование станка?

## Лабораторная работа № 5

### Структурно-технологическое моделирование многооперационного станка модели MC12-250M1

#### Назначение и устройство станка.

Многооперационный станок с автоматической сменой инструмента и числовым программным управлением модели MC12-250M1 предназначен для обработки в полуавтоматическом цикле отверстий в различных деталях, а также для фрезерования сложных криволинейных контуров. На станке можно выполнять следующие технологические операции:

- сверление
  - зенкерование
  - развертывание
- } С использованием стандартного инструмента
- обработку отверстий фрезерованием методом круговой подачи от УЧПУ;
  - растачивание;
  - нарезание резьбы размером до M12 метчиком;
  - фрезерование наружных и внутренних резьб размером до M60;
  - фрезеровать торцы с круговой подачей инструмента;
  - фрезерование сложных поверхностей с использованием перемещений по трем координатам;
  - фрезерование канавок и карманов.

Область эффективного использования станка – серийное производство.

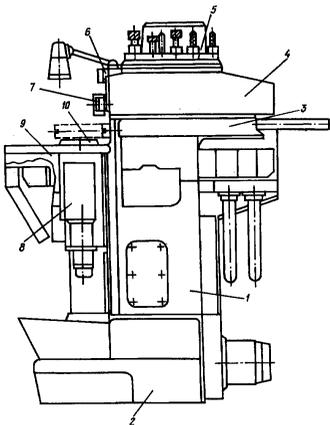


Рис. 1. Многооперационный станок мод. MC12-250M1: 1 – станина; 2 – основание; 3 – шпиндельная бабка; 4 – кронштейн; 5 – магазин; 6 – кантователь; 7 – манипулятор; 8 – суппорт; 9 – горизонтальные салазки; 10 – подъемно-поворотный стол

Станок имеет следующую компоновку. Станина 1 смонтирована на основании 2, представляющей собой пустотелую чугунную отливку коробчатой формы с

несколькими отсеками, которые используются в качестве резервуаров для СОЖ. По горизонтальным направляющим в верхней части станины может перемещаться шпиндельная головка 3 (координата Z), над которой на кронштейне 4 установлен магазин 5 инструментов. На том же кронштейне 4 смонтирован кантователь 6 и манипулятор 7, осуществляющие автоматическую смену инструмента. В верхней части станины расположена также коробка скоростей, обеспечивающая 12 частот вращения шпинделя. На передней торцевой стенке станины имеются вертикальные направляющие, по которым может перемещаться суппорт 8 (координата Y). В свою очередь по направляющим на суппорте могут перемещаться горизонтальные салазки 9 (координата X), на которых установлен подъемно-поворотный стол 10 с горизонтальной рабочей поверхностью.

Станок оснащен контурно-позиционной системой ЧПУ типа «Размер-4» которая предназначена для управления многооперационными станками, в том числе, и фрезерно-сверлильно-расточной группы. На станке программируются следующие перемещения: осевое - шпиндельной головки; вертикальное - суппорта; горизонтальное - салазок; круговое – подъемно-поворотного стола. Ввод программы на восьмидорожковой перфоленте или ручной, или по каналу связи с ЭВМ. Для переключения исполнительных органов используется следящий привод с двигателями постоянного тока и датчиками обратной связи типа «Индуктосин».

Дискретность линейных перемещений 0,01 мм

#### Кинематическая схема станка

Органом настройки цепи главного движения является коробка скоростей со ступенчатым регулированием частоты вращения шпинделя. Коробка скоростей при помощи переборной группы обеспечивает 12 частот вращения шпинделя. Для их переключения предусмотрен механизм, построенный на принципе селективного и преселективного управления с полной автоматизацией от УЧПУ.

Привод поворота шпинделя в ориентированной положение, необходимое для автоматического съема и установка инструмента



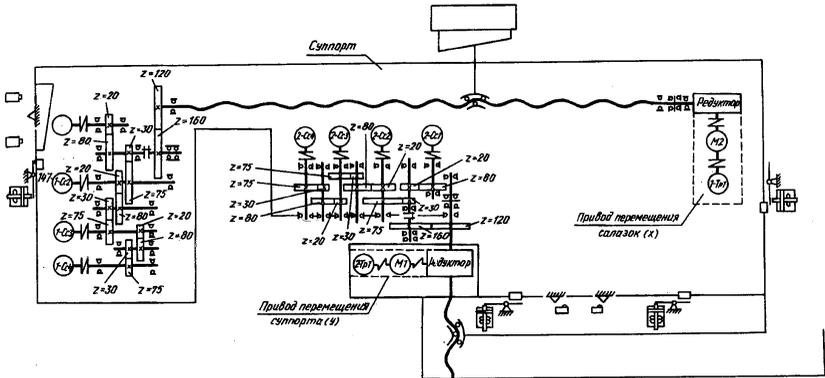


Рис. 3. Кинематическая схема привода подачи суппорта многооперационного станка мод. МС12-250М1

торец шпинделя с выступом зажимает ориентированное положение. О входе фиксатора в паз диска сигнализирует микропереключатель  $B_2$ .

Программируемое перемещение шпиндельной головки осуществляется при помощи регулируемого электродвигателя  $M_5$  постоянного тока, редуктора и пары винт-гайка качения.

Контроль величины перемещения происходит посредством датчика абсолютного отсчета с дискретностью 0,001 мм. Он представляет собой блок из четырех сельсинов, связанных друг с другом зубчатыми передачами  $\frac{20}{80} \cdot \frac{30}{75} = \frac{1}{10}$ .

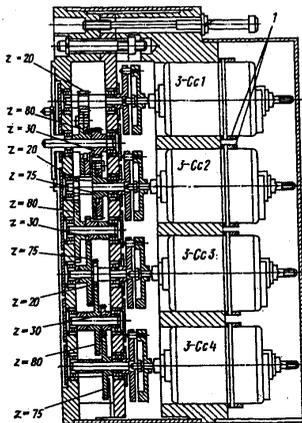


Рис. 4. Датчик абсолютного отсчета:  
1- хомутик

Движение на вал первого сельсина 3-Сс1 (рис. 2) передается от ходового винта через передачи  $\frac{120}{150} \cdot \frac{80}{20}$ .

Нулевое исходное положение сельсинов при отвернутом хомутике 1 (рис. 4) устанавливается вручную.

Аналогичный привод, как и для шпиндельной головки, используется для перемещения суппорта, салазок и подъемно-поворотного стола.

Кинематическая схема привода суппорта и салазок показана на рис.3

Поворот магазина инструментов осуществляется при помощи электродвигателя  $M_2$  (рис. 2) постоянного тока, червячной передачи  $\frac{1}{60}$  и зубчатых передач  $\frac{18}{36} \cdot \frac{41}{85}$ .

Положение диска магазина определяется посредством сельсина  $7=Cc1$ .

Осевое перемещение манипулятора и его поворот в позицию съема и установки инструмента осуществляется барабаном управления, который вращается от электродвигателя  $M_3$  через червячную передачу  $\frac{1}{60}$  и зубчатые передачи  $\frac{20}{40} \cdot \frac{20}{40}$ .

За цикл смены инструмента барабан управления делает один оборот.

Поворот кантователя передающего инструмент от магазина к манипулятору и наоборот, происходит от электродвигателя  $M_1$  через червячную передачу  $\frac{1}{60}$  и зубчатую передачу  $\frac{18}{36}$ .

О горизонтальном и вертикальном конечных положениях кантователя сигнализируют соответственно микропереключатели  $7=B1$  и  $7=B2$ .

### Техническая характеристика станка

1	Рабочая поверхность прямоугольного стола (ширина x длина), мм.....	250 x 630
2	Диаметр планшайбы подъемно-поворотного стола, мм	250
3	Точность установки угла поворота планшайбы, угл. С..	± 8
4	Координатные перемещения, мм:	
	- салазок по оси X.....	250
	- суппорта по оси Y.....	250

	- шпиндельной головки по оси Z.....	200
5	Число частот вращения шпинделя .....	12
6	Пределы частоты вращения шпинделя, об/мин.....	45 - 2000
7	Число подач.....	11
8	Пределы подачи, мм/мин:	
	- салазок по оси X.....	10 - 1000
	- суппорта по оси Y.....	10 - 1000
	- шпиндельной головки по оси Z.....	10 - 1000
9	Скорость быстрого перемещения, мм/мин.....	1200
10	Точность линейных перемещений, мм.....	± 0,01
11	Стабильность линейных перемещений.....	± 0,003
12	Число инструментов в магазине.....	20
13	Время смены инструмента, с.....	5
14	Дискретность перемещения, мм.....	0,001
15	Число координат.....	4
16	Число одновременно управляемых координат:	
	- линейная интерполяция.....	3
	- круговая интерполяция.....	1
	- винтовая интерполяция.....	3
17	Тип УЧПУ.....	Размер - 4
18	Мощность электродвигателя главного движения, кВт....	2,2

### Порядок выполнения работы

- 1 Изучить назначение станка.
- 2 Определить основные узлы станка.
- 3 Изучить принцип работы станка и конструкцию основных узлов.
- 4 Ознакомиться с устройством ЧПУ станка.
- 5 Определить положительное направление координатных осей станка.
- 6 Ознакомиться с технической характеристикой станка.
- 7 Разработать структурно-технологическую формулу станка (СТФ).
- 8 Разработать координатно-технологическую схему станка (КТС).
- 9 Разработать комбинированную координатно-технологическую схему станка (ККТС).
- 10 Записать формулу мощности станка (ФМС).
- 11 Выводы – указать пути повышения технологических возможностей станка.

12 Составить отчет о выполненной работе.

Контрольные вопросы

- 1 Назначение станка модели МС12-250М
- 2 Основные узлы станка
- 3 По каким координатам перемещаются салазки, суппорт и шпиндельная головка?
- 4 Какой привод главного движения станка?
- 5 Какой привод салазок станка?
- 6 Какой привод суппорта станка?
- 7 Какая точность линейных перемещений рабочих органов станка?
- 8 Сколько инструментов расположено в инструментальном магазине?
- 9 Величина дискретности перемещения
- 10 Какой тип УЧПУ?
- 11 Как определить положительное направление координатных осей станка?
- 12 Число одновременно управляемых координат при линейной и круговой интерполяции.

## **Лабораторная работа № 6**

### **Структурно-технологическое моделирование токарного станка модели 16K20Ф3С32**

#### Назначение станка.

Станок предназначен для выполнения в основном центровых и несложных патронных работ. Преимуществами станка являются: регулируемые привода и конструктивные усовершенствования (например, автоматическое перемещение, зажим и отжим пиноли, перемещение задней бабки на воздушной подушке, повышение скорости рабочей подачи по обеим координатам, увеличение скорости быстрого перемещения суппорта и салазок), значительного сокращения трудоемкости технического обслуживания, обеспечиваемого дисплеем, отражающим символьную информацию, подналадка на размер обработки непосредственно на станке, автоматического учета ресурса стойкости инструмента, возможность программирования и редактирования управляющих программ не отходя от станка. Сам процесс программирования, благодаря УЧПУ 2P22, значительно упрощается и трудоемкость его снижается.

#### Цель работы.

Ознакомление с токарным станком с ЧПУ мод. 16K20Ф3С32; изучить технологические возможности станка и резервы повышения производительности путем разработки структурно-технологической модели станка.

#### Описание станка.

В приводе главного движения применяется частотно-регулируемый асинхронный электродвигатель с бесступенчатым изменением частоты вращения в диапазоне 280 - 4500 об/мин.

Такой привод обеспечивает три поддиапазона частот вращения шпинделя переключаемых вручную. Однако в пределах каждого поддиапазона они изменяются бесступенчато.

В приводе подач вместо шаговых двигателей с гидроусилителями момента используются высокомоментные электродвигатели постоянного тока с встроенным четырехполюсовым тахогенератором, датчиком тепловой защиты и пристроенным электромагнитным тормозом и резольвером образуют двигательный агрегат.

Инструментальная головка шестипозиционная с горизонтально расположенной осью вращения, параллельно координате Z.

Приводы продольной и поперечной подачи обеспечивают формообразующее перемещение режущего инструмента, закрепленного в многопозиционной инструментальной головке, установленной на поперечных салазках.

Для обеспечения возможности резьбонарезания на шпиндельной бабке и шариковых винтах продольного и поперечного перемещения инструментальной головки установлены датчики (резольверы ВТМ-11). Автоматический поворот и индексация многопозиционной инструментальной головки осуществляется встроенным электродвигателем. Стабильность индексации головки: по координате X от 6 до 8 мкм, по координате Z от 11 до 16 мкм, в вертикальной плоскости от 11 до 12 мкм.

Инструментальная головка состоит из инструментального диска на 6 позиций, корпуса, содержащего встроенный привод головки, механизма фиксации и датчика положения.

Датчик углового положения – магнитоуправляемый на герконах. Задняя бабка имеет электромеханический привод для перемещения пиноли, зажима и разжима её, выполняемых по программе.

Перемещение задней бабки по направляющим станины для установки её на партию деталей осуществляется вручную. Чтобы облегчить перемещение задней бабки и предотвратить износ направляющих предусмотрена пневмосистема для создания воздушной подушки.

Подача воздуха из заводской пневмосистемы на направляющие производится нажатием на клапан рукояткой расположенной на задней бабке.

### **Техническая характеристика станка**

1	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
	- над станиной.....	400
	- над суппортом.....	220
2	Число инструментов.....	6
3	Регулирование частоты вращения шпинделя.....	Бесступенчатое
4	Наибольшая частота вращения шпинделя, об/мин	2240

5	Наименьшая частота вращения шпинделя, об/мин	20
6	Регулирование подачи.....	Бесступенчатое
7	Пределы подачи, мм/мин:	
	- продольная .....	10 – 2000
	- поперечная.....	5 – 1000
8	Наибольший шаг нарезаемой резьбы, мм.....	40
9	Скорость быстрого перемещения, мм/мин	
	- суппорта.....	7500
	- поперечных салазок.....	500
10	Дискретность перемещения, мм:	
	- продольного (координата Z) .....	0,01
	- поперечного (координата X) .....	0,005
11	Тип датчика обратной связи.....	ВМТ-11
12	Число координат.....	3
13	Число одновременно управляемых координат.....	2
14	Система отсчета .....	Абсолютная и в приращениях
15	Тип устройства ЧПУ.....	2P22
16	Мощность электродвигателя главного движения, кВт.....	11
17	Мощность электродвигателей приводов подачи, кВт.....	1.6
18	Мощность электродвигателя инструментальной головки, кВт.....	0,18

### Порядок выполнения работы

- 1 Изучить назначение станка.
- 2 Определить подвижные и неподвижные блоки станка.
- 3 Изучить принцип работы и конструктивные особенности узлов станка.
- 4 Ознакомиться с устройством ЧПУ.
- 5 Определить положительное направление координатных осей станка.
- 6 Ознакомиться с технической характеристикой станка.
- 7 Разработать структурно-технологическую формулу станка (СТФ).
- 8 Разработать координатно-технологическую схему станка (КТС).

9 Разработать комбинированную координатно-технологическую схему станка (ККТС).

10 Записать формулу мощности станка (ФМС).

11 Выводы – указать преимущества и недостатки данной конструкции станка.

12 Составить отчет о выполненной работе.

### Контрольные вопросы

1 Назначение станка

2 Какие двигатели установлены в приводе главного движения и приводе подачи?

3 Какая величина дискретности по координатам?

4 Какой тип устройства ЧПУ установлен на станке?

5 С какого блока начинается запись структурно-технологической формулы?

6 Что такое координатно-технологическая схема станка?

7 Что изображается на комбинированной координатно-технологической схеме станка?

## Лабораторная работа № 7

### Структурно-технологическое моделирование промышленного робота «Универсал 5.02»

#### Назначение промробота.

Промышленный робот – автоматическая машина, стационарная или передвижная, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления, для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Промробот предназначен для загрузки заготовками токарных станков с ЧПУ и выгрузки готовых деталей.

#### Краткое описание проимробота.

Промышленный робот мод.«Универсал 5.02» напольный стационарный. Имеет шесть степеней подвижности. При определении числа степеней подвижности не учитывается движение сжатия – разжатия схвата и установочное движение выдвигной части платформы, выполняемое вручную для изменения эксцентриситета.

Методика записи структурно – параметрической формулы (СПФ) промробота отличается от СТФ тем, что первым в правой части формулы описывается неподвижный блок (для стационарного), а последним – рабочий орган.

Описание заканчивается системой устройства промробота, погрешностью позиционирования, номинальной грузоподъемностью.

Аналого - позиционная система управления АПС – 1, программноноситель – штекерный барабан, общая погрешность позиционирования рабочего органа  $\pm 1,8$  мм, номинальная грузоподъемность – 5 кг.

Для точного позиционирования перемещения по координате «Z» назначается скорость 80 мм/с, а для грубого – 95 мм/с.

Наименьший радиус рабочей зоны (до оси касания кисти) – 630 мм, наибольший при максимальном эксцентриситете радиус рабочей зоны – 1500 мм, осевое перемещение руки

$X = 1500 - 630 - 200 = 670$  мм (где 200- изменение эксцентриситета).

В структурно – параметрической формуле промробота в верхнем ярусе каждого знаменателя записана скорость перемещения при точном позиционировании, в нижнем - при грубом позиционировании.

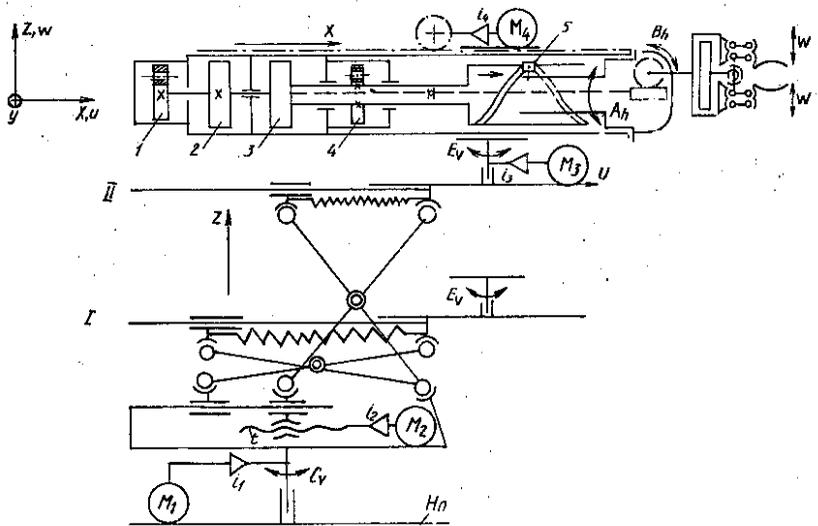


Рис. 1. ККССГД промробота мод.«Универсал 5.02»: 1,4 – демпферы; 2,3 – пневмоцилиндры; 5 - ролик

Четыре степени подвижности ( $C_v$  - поворот всего манипулятора,  $E_v$  – поворот руки при эксцентриситете равном расстоянию от  $E_v$  до  $C_v$ ,  $z$  – подъем и опускание и  $X$  – выдвигание – вытягивание руки) обеспечивают перемещение и позиционирование руки в рабочей зоне и осуществляются следящими приводами от электродвигателей  $M_1, M_3, M_2, M_4$ .

Две степени подвижности ( $A_h$ - поворот кисти со схватом около оси руки и  $B_h$  - качание кисти со схватом перпендикулярно к оси руки) обеспечивают требуемую ориентацию схвата и осуществляется от пневмоцилиндров 3 и 2 соответственно.

Для плавности поворота предусмотрен демпфер 4, для качания – демпфер 1.

В следящих приводах обратная связь по скорости и положению выполнена с использованием тахогенераторов и многооборотных потенциометров. Угол поворота и угол качания схвата регулируются упорами.

В механизме подъема – опускания (координата  $Z$ ) руки промробота применен пантограф, кинематически связанный с платформой (координата  $U$ ), на которой установлен поворотный блок  $E_v$  с рукой и схватом.

Платформа выдвигается на 200 мм. С целью изменения эксцентриситета между осями поворота  $C_v-E_v$ .

На комбинированной координатно - структурной схеме показаны два положения пантографа с платформой- нижнее  $I$  и верхнее  $II$ .

В механизме поворота  $A_h$  кисти шток пневмоцилиндра  $3$  жестко соединен с полым цилиндрическим кулачком, в криволинейном пазу которого помещается ролик  $5$ , свободно посаженный на ось, закрепленную на поворотной части  $A_h$ .

При осевом перемещении штока поршня  $3$  кулачок своими пазами поворачивает кисть по  $A_h$ .

### **Техническая характеристика промышленного робота мод.«Универсал 5.02»**

1	Наибольший диаметр обрабатываемой заготовки, мм:	
	- над станиной.....	400
	- над суппортом.....	220
2	Грузоподъемность, кг.....	5
3	Число степеней подвижности.....	6
4	Общая погрешность позиционирования, мм.....	$\pm 1,8$
5	Наименьший радиус рабочей зоны, мм.....	630
6	Наибольший радиус рабочей зоны, мм.....	1500
7	Осевое перемещение руки, мм.....	670
8	Скорости поворота манипулятора, град/с:	
	- при точном позиционировании.....	15 – 53
	- при грубом позиционировании.....	20 – 60
9	Угол поворота манипулятора, град.....	340
10	Угол поворота руки промробота, град.....	240
11	Скорость поворота руки промробота, град/с:	
	- при точном позиционировании.....	20 – 65

- при грубом позиционировании.....	30 – 80
12 Величина подъема манипулятора, мм.....	400
13 Скорость подъема манипулятора, мм/с	
- при точном позиционировании.....	80
- при грубом позиционировании.....	95
14 Величина перемещения руки промробота, мм	670
15 Скорость перемещения руки промробота, мм/с	
- при точном позиционировании.....	350
- при грубом позиционировании.....	430
16 Величина выдвигения платформы промробота, мм.....	20
17 Выдвигения платформы .....	Ручное
18 Угол поворота кисти промробота, град.....	180
19 Скорость поворота кисти промробота, град/с.....	120
20 Угол качания кисти со схватом, град.....	180
21 Скорость качания кисти со схватом, град/с.....	80
22 Скорость быстрого поворота манипулятора, град/с.....	84
23 Скорость быстрого подъема и опускания манипулято- ра, мм/с.....	270
24 Скорость быстрого поворота руки, град/с .....	132
25 Скорость быстрого выдвигения - втягивания руки манипулятора, мм/с.....	1086
26 Система управления.....	Аналого - позицион- ная АПС-1
27 Программоноситель.....	Штекер- ный бара- бан
28 Мощность электродвигателя поворота промробота, кВт.....	0,23
29 Мощность электродвигателей поворота руки манипу- лятора, кВт.....	0,16
30 Мощность электродвигателя перемещения манипуля- тора, кВт.....	0,23
31 Мощность электродвигателя выдвигения – втягива- ния руки, кВт.....	0,16

### Порядок выполнения работы

1 Изучить назначение промышленного робота мод. «Универсал 5.02».

2 Ознакомиться с основными узлами промробота.

3 Определить положительное направление координатных осей.

- 4 Определить степени подвижности.
- 5 Ознакомиться с технической характеристикой промробота.
- 6 Разработать структурно-параметрическую формулу промробота (СПФ).
- 7 Разработать координатно- структурную схему промробота (КСС).
- 8 Разработать комбинированную координатно- структурную схему промробота (ККСС).
- 9 Оформить отчет о проделанной работе.

### Контрольные вопросы

- 1 Назначение промышленного робота мод.«Универсал 5.02»
- 2 Что такое рука, кисть манипулятора?
- 3 Сколько степеней подвижности имеет промробот?
- 4 Что является программоносителем?
- 5 Какая система управления промроботом?
- 6 Как направлены координатные оси?
- 7 Какая погрешность позиционирования рабочего органа?
- 8 Что входит в структурно – параметрическую формулу промробота (СПФ)?
- 9 С какого органа начинается запись структурно- параметрическая формула?
- 10 Чем регулируется угол качания схвата промробота?
- 11 Что входит в комбинированную координатно - структурную схему промробота?

## Приложение

### Форма отчетности по лабораторным работам ССО ГПС

Кафедра «ТМО и АМП»	Лабораторная работа №	Группа
Лаборатория «Станки с ЧПУ»	Структурно - техноло- гическое моделирова- ние станков с ЧПУ модели	72-03 АССК
		Ф.И.О.
		Краснов А.Р.

1 Назначение станка:

2 Координатно – технологическая схема станка (КТС):

3 Структурно – технологическая формула станков (СТФ) в абстрактном виде и в цифровом выражении:

4 Комбинированная координатно – технологическая схема станка (ККТС):

5 Формула мощности станка (ФМС):

Работу выполнил	Краснов А.Р.	Дата	Подпись
Работу принял	Шалагуров И.К.	Дата	Подпись

## Литература

1 Лабораторный практикум по металлорежущим станкам. Под ред. А.И. Кочергина. Минск; «Вышэйшая школа», 1986,- 130с.

2 Г.Н. Молчанов, К.И. Сметанкин. Станки с ЧПУ. Т. «Укитувчи», 1993,- 234с.

3 Л.В. Перегудов, А.Н. Хашимов, И.К. Шалагуров, С.Л. Перегудов. Технологическое оборудование автоматизированного производства. Т. «Узбекистан», 2003,- 494с.

## Оглавление

	стр.
1 Введение.....	2
2 Состав формализованного описания станков .....	4
3 Содержание комплекса лабораторных работ .....	5
4 Лабораторная работа № 1. Структурно-технологическое моделирование токарного станка модели 16К20Ф3.....	9
5 Лабораторная работа № 2. Структурно-технологическое моделирование вертикально-сверлильного станка с ЧПУ модели 2Р135Ф2.....	14
6 Лабораторная работа № 3. Структурно-технологическое моделирование вертикально-фрезерного станка с ЧПУ модели 6Н13Ф3.....	19
7 Лабораторная работа № 4. Структурно-технологическое моделирование вертикально-фрезерного бесконсольного станка с ЧПУ модели ФП-17М.....	24
8 Лабораторная работа № 5. Структурно-технологическое моделирование многооперационного станка модели МС12-250М1.....	29
9 Лабораторная работа № 6. Структурно-технологическое моделирование токарного станка модели 16К20Ф3С32...	36
10 Лабораторная работа № 7. Структурно-технологическое моделирование промышленного робота «Универсал 5.02».....	40
11 Приложение.....	45
12 Литература.....	46