

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии машиностроения, металлообрабатывающих станков и
комплексов

А.Г. КРАВЦОВ

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, КИНЕ- МАТИКИ И ПРИВОДОВ СТАНКА НСФ-3Ф4

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом
государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Оренбургский государственный университет»

Оренбург 2007

УДК 621.9.022 (076.5)
ББК 34.63-5я73
К 78

Рецензент

кандидат технических наук, доцент В.Н. Михайлов

Кравцов А.Г.
Изучение конструкции, кинематики и приводов станка
К78 **НСФ- 3Ф4: методические указания к лабораторной работе.**
– Оренбург: ГОУ ОГУ, 2007. - 34 с.

В методических указаниях рассмотрены основные узлы, кинематические цепи и структура приводов настольного сверлильно-фрезерного станка НСФ-3Ф4.

Методические указания рекомендуется использовать при выполнении лабораторных работ по для специальностей 151002, 151001, 050501, 220301, 080502 для студентов очной, очно-ускоренной, очно-заочной, очно-заочно-ускоренной, заочной и заочно-ускоренной форм обучения.

ББК 34.63-5я73

© Кравцов А.Г., 2007
© ГОУ ОГУ, 2007

Содержание

1 Описание лабораторной работы	4
1.1 Цель работы, задание и оборудование.....	4
1.2 Назначение настольного сверлильно-фрезерного станка с компьютерным управлением НСФ-3Ф4.....	4
1.3 Основные части станка.....	5
1.3 Техническая характеристика станка.....	7
1.4 Кинематика станка.....	8
1.5 Устройство и работа отдельных механизмов станка.....	15
1.6 Регулирование скоростей главного движения и подачи.....	17
2 Порядок проведения лабораторной работы.....	19
3 Указания по технике безопасности	21
4 Контрольные вопросы.....	23
5 Содержание отчета по лабораторной работе ”Изучение конструкции, кинематики и приво- дов станка НСФ3-Ф4“	24
Список использованных источников.....	25
Приложение А.....	26
Приложение В.....	27

Лабораторная работа

1 Описание лабораторной работы

1.1 Цель работы, задание и оборудование

Цель работы. Изучение конструкции, особенностей кинематической структуры и приводов, а также работы основных механизмов настольного сверлильно-фрезерного станка НСФ-3Ф4 с УЧПУ класса PCNC.

Задание. Ознакомиться с устройством, кинематической структурой и приводами настольного сверлильно-фрезерного станка НСФ-3Ф4 с УЧПУ класса PCNC.

Составить отчет о проделанной работе.

Оборудование. Настольный сверлильно-фрезерный станок НСФ-3Ф4 с УЧПУ класса PCNC.

1.2 Назначение настольного сверлильно-фрезерного станка с компьютерным управлением НСФ-3Ф4

Настольный сверлильно-фрезерный станок с компьютерным управлением модели НСФ-3Ф4 предназначен для выполнения сверлильных, фрезерных и шлифовальных операций при обработке малогабаритных заготовок из дерева, пластмассы, цветных металлов и сплавов, низкопрочных сталей в условиях гибкого производства, а также для подготовки специалистов по станкам с ЧПУ.

Станок рассчитан на эксплуатацию в нормальных климатических условиях при температуре окружающей среды от плюс 1°С до плюс 35 °С и относительной влажности воздуха до 80 % [1].

Станок создан на базе вертикально-сверлильного станка «Корвет 41». В отличие от базовой модели на столе станка НСФ-3Ф4 установлен крестовый стол с приспособлением для зажима заготовки. Сборочные единицы и детали указаны на общем виде станка, приведенном на рисунке 1.

1.3 Основные части станка

На основании 1 жестко закреплена колонна 7, в верхней части которой установлена шпиндельная головка 9. На нижней части колонны закреплен стол 2 с установленным на нем крестовым столом, состоящим из нижних 3 и верхних салазок 4. Нижние салазки перемещают зажимное приспособление 5 с заготовкой в поперечном (ось Y) направлении, верхние – в продольном (ось X). Для крепления инструмента используется установленный в шпинделе зажимной патрон 8. На задней торцевой части шпиндельной головки установлен асинхронный двигатель привода главного движения. Под защитным кожухом 12 на верхней части шпиндельной головки расположена пятиступенчатая клиноременная передача привода главного движения. Для включения питания электроприводов на лицевой части шпиндельной головки установлен магнитный пускатель 11 с кнопкой аварийного останова 10. На боковой части шпиндельной головки закреплено устройство для натяжения ремня 13 и установлен редуктор 14 с измерительным преобразователем 15 привода вертикальной подачи (ось Z) шпинделя. Для перемещения по круглым направляющим зажимных губок на торце верхних салазок установлен редуктор привода зажимного приспособления 6 с присоединенным к нему электродвигателем. На противоположном торце верхних салазок расположен редуктор 17, двигатель 16 и измерительный преобразователь 18 привода продольной подачи. Аналогичный привод, состоящий из электродвигателя 19, редуктора 21 и измерительного преобразователя 20, для поперечной подачи зажимного приспособления установлен на переднем торце нижних салазок.

На станке можно выполнять сверление отверстий по заданным координатам, фрезерование и гравирование двухмерных и трехмерных поверхностей.

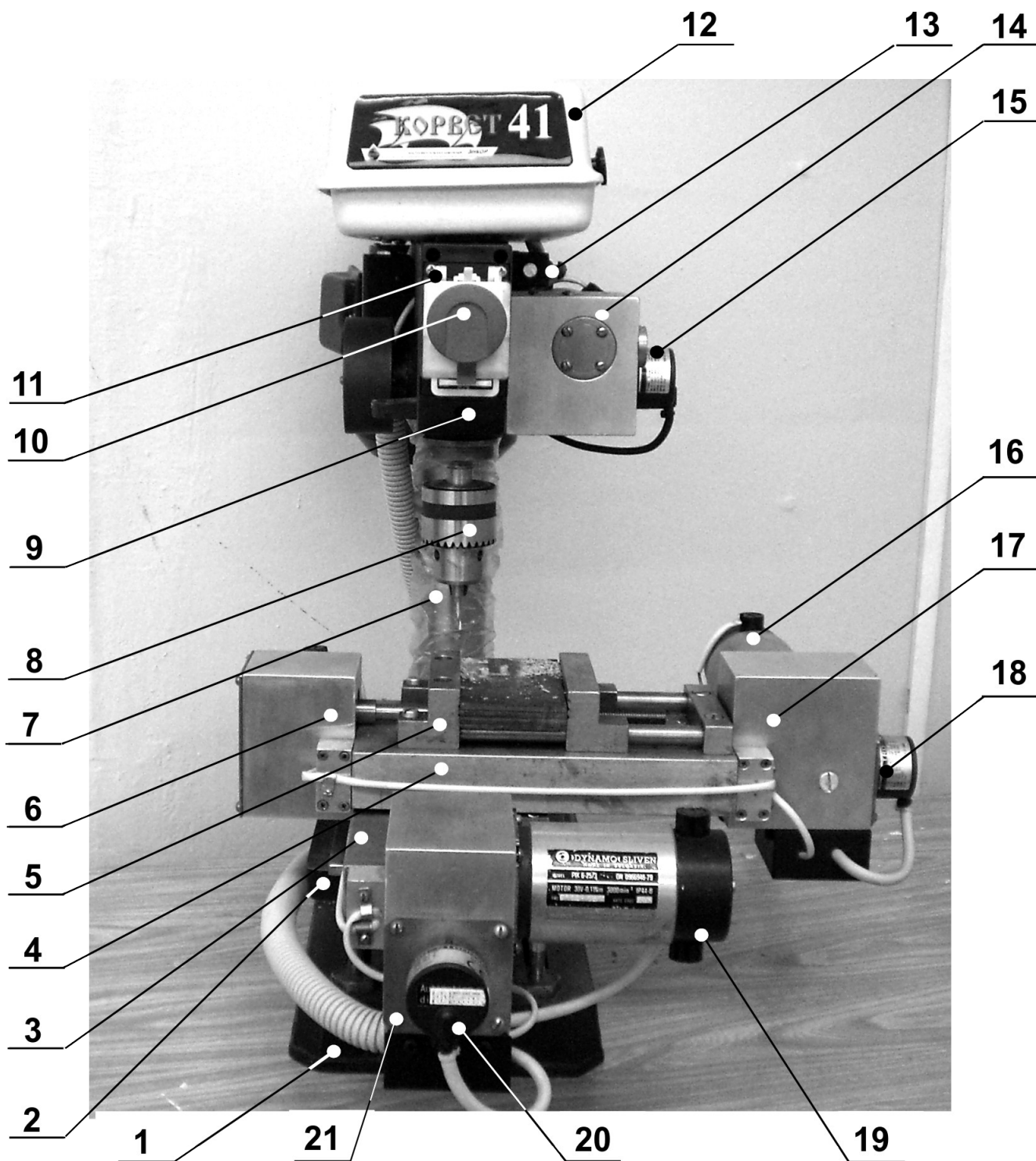


Рисунок 1 – Общий вид станка НСФ-3Ф4

1.3 Техническая характеристика станка

Напряжение питания, В.....	220
Наибольший диаметр сверления в стали 15, мм.....	10
Наибольший диаметр концевго инструмента при обработке дерева, пластмасс и цветных металлов, мм.....	13
Посадочный размер конца шпинделя.....	B6
Номинальная мощность привода главного движения, кВт.....	0,35
Максимальная частота вращения шпинделя на одной ступени ременной передачи, об/мин.....	2600, 1800, 1370, 900, 600
Диапазон бесступенчатого регулирования частоты вращения вала двигателя.....	1:3
Наибольший ход шпинделя, мм.....	50
Расстояние от оси шпинделя до лицевой стороны колонны, мм.....	104
Расстояние от торца шпинделя до зеркала базирующей поверхности приспособления, мм.....	115
Диаметр колонны, мм.....	46
Минимальный ход салазок крестового стола, мм:	
нижних (поперечное перемещение вдоль оси Y).....	100
верхних (продольное перемещение вдоль оси X).....	100
Диапазоны подач, мм/мин:	
вертикальной (шпинделя).....	12,5÷255
продольной.....	7,5÷150
поперечной.....	7,5÷150
Максимальное тяговое усилие привода подачи, Н:	
вертикальной.....	2000
продольной.....	4400
поперечной.....	4400
Максимальная ширина зажимаемой заготовки, мм.....	90
Максимальная сила зажима заготовки, Н.....	5800
Скорость перемещения губки зажимного приспособления, мм/мин.....	112
Габариты станка (без подиума), мм.....	450×450×580
Масса станка с зажимным приспособлением, кг.....	50
Класс УЧПУ.....	PCNC
Тип системы управления.....	комбинированная
Количество одновременно управляемых координат.....	3
Дискретность управления приводами, мм.....	0,005

1.4 Кинематика станка

Кинематическая схема станка представлена на рисунке 2. В таблице 1 приведены характеристики элементов схемы.

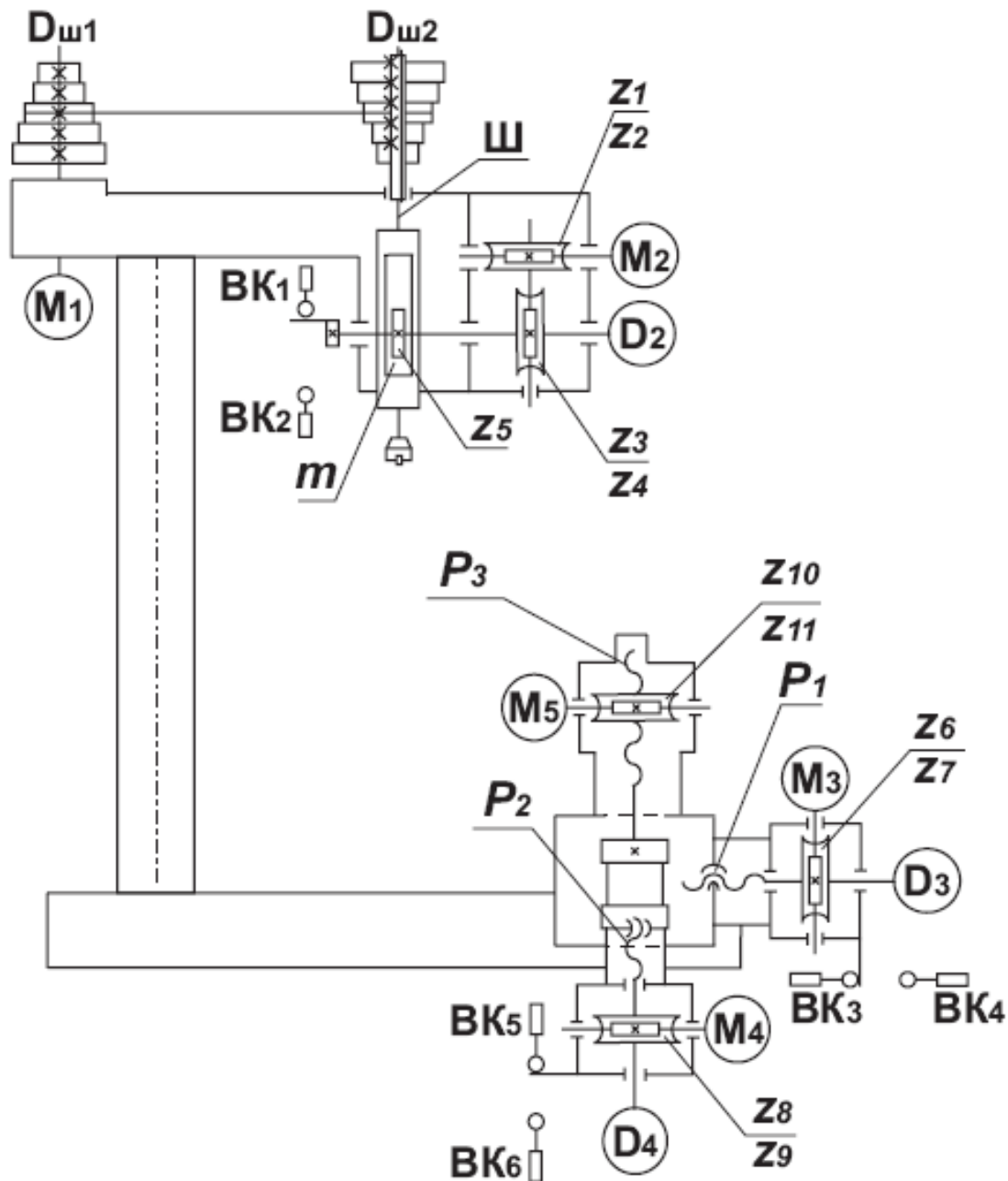


Рисунок 2 – Схема кинематическая станка НСФ3-Ф4

Движение резания (главное движение) – вращение шпинделя с режущим инструментом. В структуру привода главного движения входит регулируемый асинхронный однофазный электродвигатель (M1), пятиступенчатая клиноременная передача и шпиндель (Ш).

Привод вертикальной подачи шпинделя (ось Z) состоит из регулируемого электродвигателя постоянного тока модели Р1К6-25/3 (M2), двухступенчатого

червячного редуктора ($\frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4}$), реечной передачи $z_5 - m$ и датчика обратной связи (ДОС), обозначенного на схеме символом D2. Роль ДОС выполняет измерительный преобразователь TRD – S1000VD. Зубчатая рейка нарезана на гильзе шпинделя.

Приводы поперечной и продольной подач вдоль осей координат Y и X, соответственно, имеют одинаковую структуру, состоящую из регулируемого электродвигателя постоянного тока модели P1K6-25/3 (M3, M5), червячного редуктора ($\frac{z_6}{z_7}, \frac{z_{10}}{z_{11}}$), передачи винт – гайка скольжения и датчика обратной связи (D3, D5). Гайки винтов P1 и P3 жестко соединены со столом и нижними салазками, соответственно, и при реализации движения подачи – неподвижны, при этом винты, вращаясь, совершают поступательное движение и перемещаются вместе с салазками.

Привод зажимных губок приспособления для базирования заготовки, установленного на верхних салазках аналогичен приводам подачи. Отличие состоит в отсутствии датчика обратной связи.

Для ограничения перемещений исполнительных органов станка в их крайних положениях установлены конечные микровыключатели B1 – B6.

Таблица 1 – Характеристики элементов кинематики станка

Условное обозначение	Наименование элемента	Характеристика
1	2	3
M ₁	Электродвигатель привода главного движения	Двигатель асинхронный однофазный регулируемый, 220 В, 50 Гц, 0,37 кВт, 1400 об/мин
D _{ш1} :D _{ш2}	Шкивы пятиступенчатой клиноременной передачи	1,85:1; 1,35:1; 1:1; 1:1,55; 1: 2,3
D ₁ – D ₃	Измерительный преобразователь	TRD – S1000VD,
M ₂ – M ₄	Электродвигатели приводов подач	Двигатель постоянного тока P1K6-25/3 регулируемый; 30 В; 0,11 Н·м; 3000 об/мин

Продолжение таблицы 1

1	2	3
M_5	Электродвигатель привода зажимных губок приспособления для базирования заготовки	Двигатель постоянного тока Р1К6-25/3; 30 В; 0,11 Н×м; 3000 об/мин
$BK_1 - BK_6$	Конечные выключатели	микрореле
$Z_3 / Z_4; Z_6 / Z_7; Z_8 / Z_9; Z_{10} / Z_{11}$	Червячная пара	1:40
Z_1 / Z_2	Червячная пара	1:18
P_1, P_2	Передача винт-гайка скольжения	Шаг – 2мм
P_3	Передача винт-гайка скольжения	Шаг – 1,5мм
Z_5	Реечное колесо	Число зубьев – 13
m	Рейка	3мм

В отличие от станков с ручным управлением, использующих, как правило, в качестве органов настройки механические устройства для регулирования и настройки параметров создаваемых кинематическими группами движений (коробки скоростей, подач, гитары сменных зубчатых колес и механизмы реверса) управляемые вручную, в станках с числовым программным управлением (ЧПУ) традиционные нерегулируемые источники движения используют регулируемые и управляемые по программе автономные источники движения для каждого исполнительного органа станка. В результате в станках с ЧПУ существенно видоизменяется структура кинематических групп. Однако, упрощение механической части структуры станка в целом, за счет устранения механических органов настройки и значительного сокращения протяженности механических цепей путем их замены на немеханические не изменяет сущности самих кинематических связей и правил их функционирования.

Привод главного движения. Структурная кинематическая схема привода главного движения станка имеет вид представленный на рисунке 4.

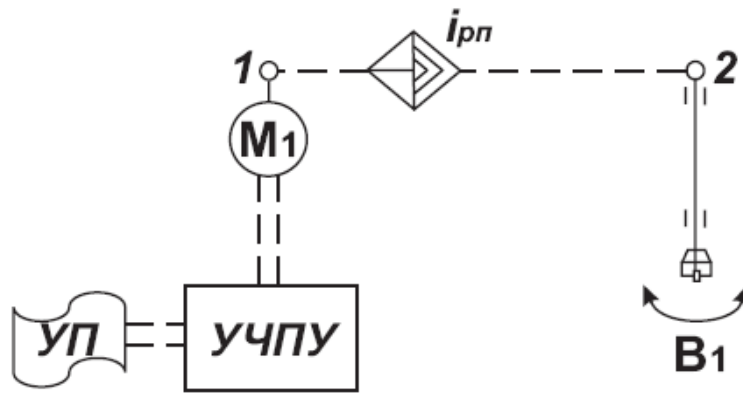
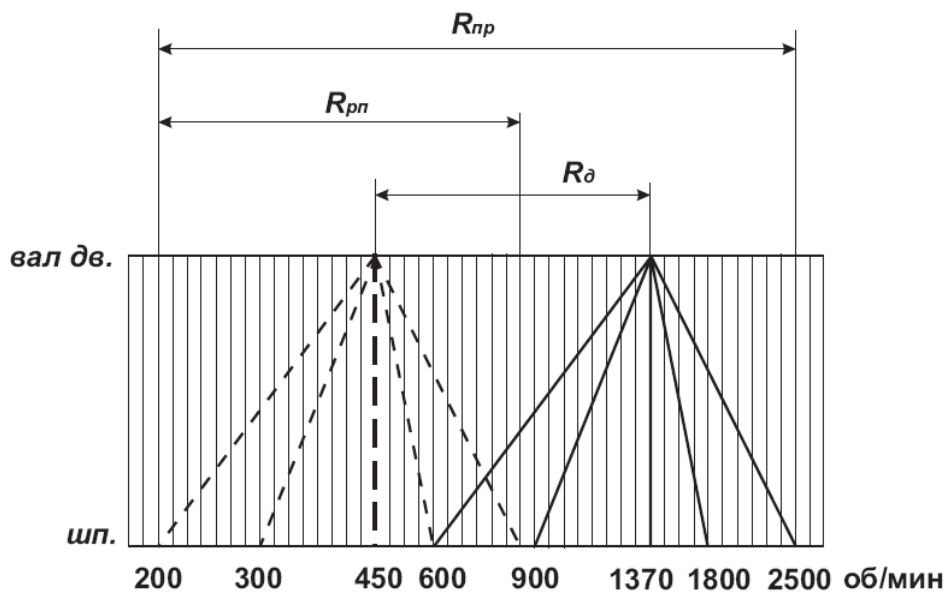
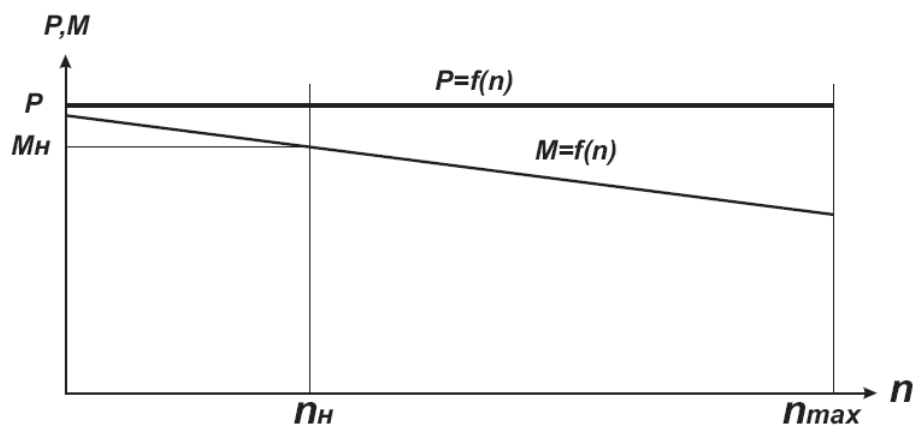


Рисунок 3 – Структурная схема кинематической группы привода главного движения



а)



б)

Рисунок 4 – Регулирование частоты вращения шпинделя

В общем виде уравнение кинематического баланса привода главного движения записывается следующим образом:

$$n_{Ш} = n_{M1} \frac{D_{u1}}{D_{u2}} k_{pn}, \quad (1)$$

где k_{pn} – коэффициент проскальзывания ременной передачи.

Изменение частоты и направления вращения шпинделя реализуется путем регулирования скорости и направления вращения вала двигателя и переключением ступеней клиноременной передачи. График частот вращения шпинделя приведен на рисунке 4 а, на котором указаны диапазон регулирования привода R_{np} , диапазон регулирования ременной передачи R_{pn} и диапазон регулирования двигателя $R_{d..}$.

В приводе главного движения используется однофазный асинхронный регулируемый электродвигатель (АД). Регулирование скорости осуществляется путем преобразования частоты питающего тока. В этом случае частота вращения вала двигателя n определяется следующим выражением [2]:

$$n = \frac{60 f_1}{p} (1 - s), \quad (2)$$

где f_1 – частота питающего тока, Гц;

p – число пар полюсов;

s – скольжение.

При регулировании частоты f_1 необходимо изменять и значение питающего двигателя напряжения U_1 . В противном случае изменяется магнитный поток АД, поскольку

$$U \sim k\Phi f_1, \quad (3)$$

где k – конструктивный коэффициент двигателя, определяемый количеством пар полюсов, активных проводников и параллельных ветвей обмотки;

Φ – магнитный поток.

При неизменной нагрузке на валу двигателя магнитный поток определяет значение тока ротора I_2 , так как

$$M = k\Phi I_2 \cos \varphi_2, \quad (4)$$

где M – момент развиваемый на валу двигателя Н·м;

$\cos \varphi_2$ – коэффициент мощности АД.

При соблюдении соотношения $U/f_1 = const$ реализуется регулирование скорости вращения вала двигателя с постоянным моментом. Удовлетворение

условию $\frac{U}{f_1^2} = const$ приводит к получению вентиляторного типа механической характеристики АД. Обеспечение зависимости $\frac{U}{\sqrt{f_1}} = const$ позволяет регулировать скорость при постоянной мощности.

Асинхронные электродвигатели, обладая высокой надежностью и жесткой характеристикой, обеспечивают регулирование с постоянной мощностью во всем диапазоне [2], как показано на рисунке 4 б.

Пятиступенчатая клиноременная передача используется в качестве органа настройки, обозначенного на рисунке 3 как i_{pn} . Она реализует смещение диапазона бесступенчатого регулирования частоты вращения шпинделя, обеспечиваемого регулированием двигателя.

Привод подачи. Структурные кинематические схемы следящих приводов подач приведены на рисунке 5. В приводах подач использованы двигатели постоянного тока независимого возбуждения (ДПТ НВ), осуществляемого от постоянных магнитов. Изменение напряжения на якоре ДПТ НВ в этом случае обеспечивает регулирование с постоянным моментом частоты вращения вала двигателя, контролируемой ДОС [1].

На рисунке 5 а приведена структурная кинематическая схема привода вертикальной подачи (выдвижения шпинделя). Структуры приводов подач в поперечном и продольном направлениях идентичны. Поэтому они представлены одной схемой на рисунке 5 б. В скобках на рисунке указаны значения соответствующие приводу продольной подачи.

Наличием системы ЧПУ обусловлено присутствие в кинематике станка как механических, так и не механических, т.е. комбинированных кинематических связей, определяющих возможность формирования как простых, так и сложных кинематических групп, реализующих соответствующие движения формообразования. Это позволяет обрабатывать на данном станке детали, как простой, так и сложной конфигурации.

Внутренние связи в представленных на схемах простых кинематических группах реализуются внутренними связями в исполнительных кинематических парах [3]. Для привода главного движения B_1 , в соответствии с рисунком 3, это связь между опорами шпинделя и самим валом. Для схем реализующих подачи $\Pi_1; \Pi_2$ и Π_3 , приведенных на рисунке 5 – это связи между гильзой 4 и корпусом шпиндельной головки 18, указанных на рисунке 6 и связь между круглыми направляющими подвижного соединения поперечные салазки-стол и аналогичного стыка поперечные – продольные салазки, соответственно.

Внешняя связь в группе, схема которой приведена на рисунке 3, соответствуют совокупности связей от $УП$ до точки 2. Для групп, схемы которых представлены на рисунке 5, внешние связи представлены совокупностью связей от $УП$ до зубчатой рейки m нарезанной на гильзе, и от $УП$ до салазок c .

Уравнение кинематического баланса привода подачи Π_1 имеет следующий вид:

$$S_{П1} = n_{M2} \frac{z_1}{z_2} \frac{z_3}{z_4} \pi m z_5, \quad (5)$$

где $S_{П1}$ – скорость подачи, мм/мин;

n_{M2} – частота вращения вала двигателя М2, об/мин;

m – модуль (шаг) зубчатой рейки.

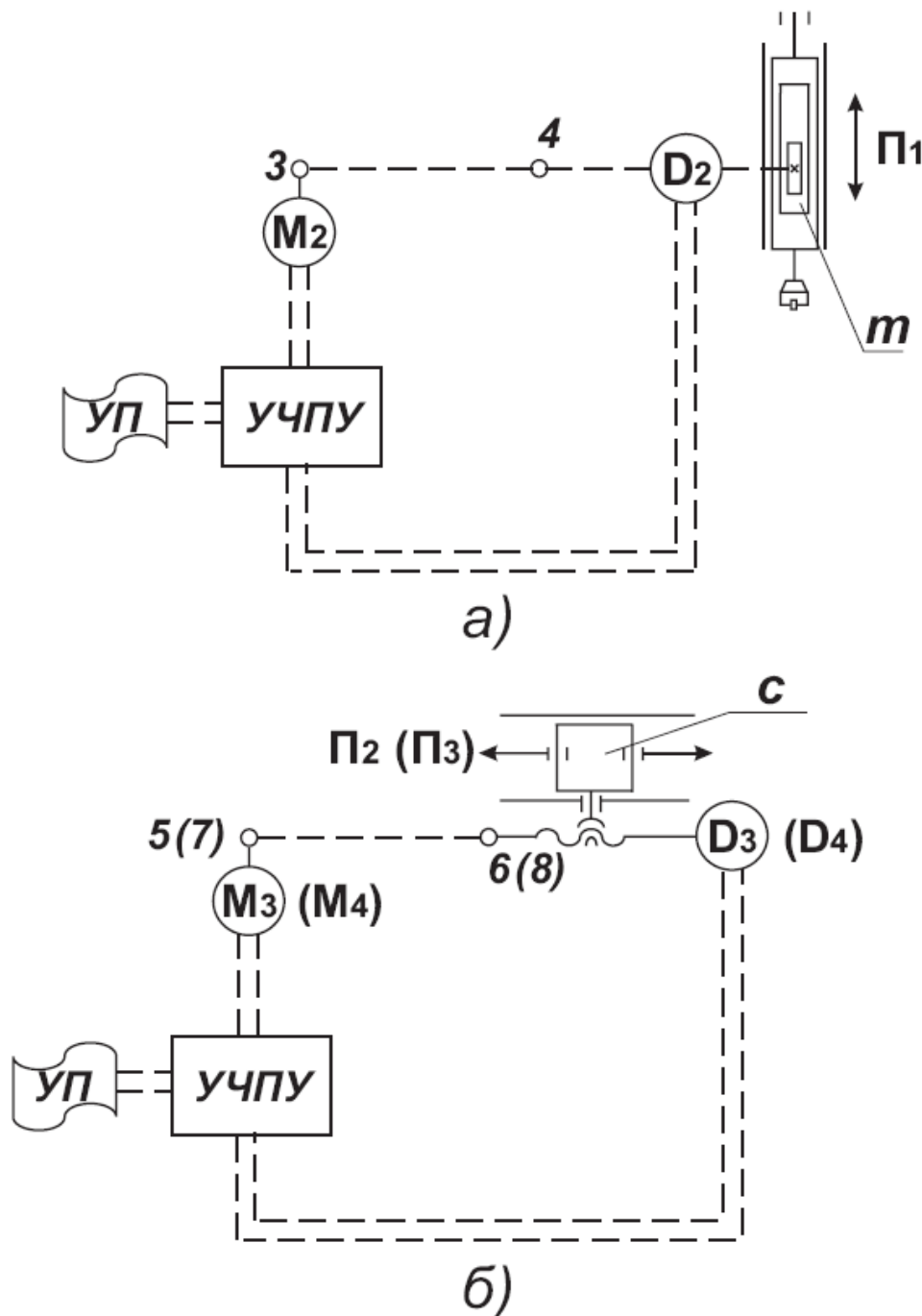


Рисунок 5 – Структурные схемы кинематических групп приводов подач

Для приводов поперечной и продольной подач уравнение кинематического баланса запишется так:

$$S_{П2(П3)} = n_{M3(M4)} \frac{z_{6(8)}}{z_{7(9)}} P_{1(2)}, \quad (6)$$

где P – шаг ходового винта.

Для определения величины тягового усилия Q , Н, вдоль оси Z (вертикальной подачи) пользуются следующей зависимостью:

$$Q = \frac{M_{рк}}{R_{рк}}, \quad (7)$$

где $M_{рк}$ – крутящий момент на реечном колесе;

$R_{рк}$ – радиус делительной окружности реечного колеса, м.

Крутящий момент находят из выражения:

$$M_{рк} = \frac{M_{M2}}{i_{z1/z2} i_{z3/z4}} \eta_{z1/z2} \eta_{z3/z4}, \quad (8)$$

где η - КПД соответствующих передач.

Аналогичным образом находят тяговые усилия приводов продольной и поперечной подачи.

1.5 Устройство и работа отдельных механизмов станка

Механизм вертикальной подачи является составной частью шпиндельной головки, которая включает в себя ступенчатую ременную передачу, шпиндель и механизм выдвижения вала шпинделя. Основные элементы шпиндельной головки приведены на рисунке 6.

От электродвигателя привода вертикальной подачи вращение через двухступенчатый червячный редуктор передается на реечное колесо 19 неподвижно закрепленное на выходном валу редуктора и находящееся в зацеплении с зубчатой рейкой 17. Рейка нарезана на гильзе 4 свободно закрепленной на шпинделе 1, что обеспечивает свободное вращение шпинделя относительно гильзы и их совместное поступательное движение. Осевая нагрузка в процессе резания замыкается при этом, проходя через упорный подшипник 3 и реечную передачу, на выходном валу червячного редуктора. Вес шпинделя через разрезную гайку 5, внутреннее кольцо радиального подшипника, установленного между шпинделем и гильзой, втулку между радиальным и упорным подшипником, упорный подшипник, втулку, гильзу, крепление тросика противовеса 16 и сам тросик компенсируется противовесом.

Вес шкивов ременной передачи закрытых кожухом 10 и установленных на втулке 14, подвижно соединенной со шпинделем, через стопорный винт 12, втулку 14 и радиальный подшипник воспринимается корпусом шпиндельной головки 18.

Вращение от АД, как показано на рисунке 3, через жестко соединенные с его валом шкивы $D_{ш1}$ посредством клинового ремня 11 передается шкивам $D_{ш2}$ 9, жестко закрепленным на втулке 14. Далее через шпонку 8, втулку 14 и шпонку 13 вращающий момент передается на шпиндель 1. При обработке радиальную нагрузку воспринимают установленные на переднем конце шпинделя 1 радиальные подшипники 2. Радиальная нагрузка от ременной передачи через верхний радиальный подшипник установленный между втулкой 14 и корпусом 18 замыкается через него на колонну 7 рисунок 1. Подшипник фиксируется с помощью крышки 15.

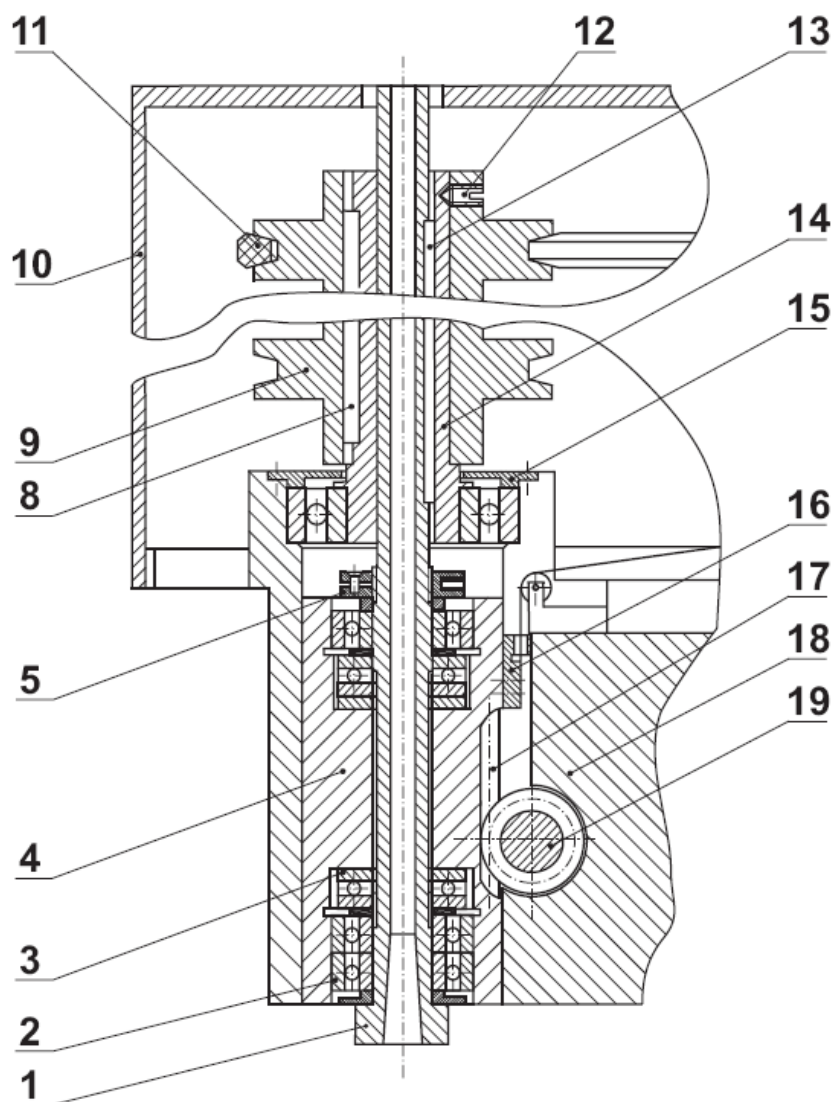


Рисунок 6 – Конструкция шпиндельной головки

Для переключения ступени ременной передачи необходимо ослабить натяжение ремня, отпустив фиксирующий винт штока устройства натяжения рем-

ня 13 указанного на рисунке 1. Притянув АД, расположенный с задней стороны колонны, переместить ремень на требуемую ступень с проворачиванием шкивов. Натянуть ремень, оттягивая электродвигатель, и зафиксировать шток устройства винтом. Нормальному натяжению ремня соответствует перемещение его ветвей, при стремлении их сблизить, не более 10 мм.

Люфт шпиндельного вала устраняется поворотом по часовой стрелке винта в углублении на лицевой части шпиндельной головки 9, указанной на рисунке 1, предварительно отпустив контргайку.

1.6 Регулирование скоростей главного движения и подач

Для бесступенчатого регулирования скорости вращения шпинделя в структуру привода главного движения входят выпрямитель, широтно-импульсный преобразователь (ШИП) и автономный инвертор, что позволяет одновременно изменять частоту и значение питающего асинхронный электродвигатель напряжения. Для формирования напряжения питания используется алгоритм с $\alpha=180^\circ$ [1,3].

В приводах подач станка и зажима заготовки используются малоинерционные двигатели постоянного тока Р1К6-25/3 болгарского производства. Эти двигатели обладают высоким быстродействием и точностью. Их перегрузочная способность равна пятикратному значению от номинального. В отличие от структуры привода главного движения в приводе подач отсутствует инвертор. Управление двигателем постоянного тока реализуется с помощью алгоритма поочередной коммутации ключей. Кроме того, для формирования питающего напряжения в блоке управления ДПТ НВ используется два полумоста, собранных на МОП транзисторах, а в блоке управления АД – три [1].

Скорость подачи регулируется путем изменения подводимого к обмотке якоря напряжения [1,3]. Питание двигателя напряжением 40 В обеспечивается трансформатором и блоком широтно-импульсного преобразования (ШИП), входящими в состав силовой части управления станком.

В соответствии с приведенной на рисунке 7 функциональной схемой системы управления приводами [1] сигналы управления на двигатели привода главного движения 1, приводов продольной, поперечной и вертикальной подач, а так же привода зажимного приспособления 2,3,4 и 5, соответственно, поступают от управляющего силового блока 6. По импульсам считывания (ИС) формируются управляющие импульсы (УИ) основанные на информации от управляющей программы (УП) и соответствующих датчиков обратной связи 8,9,10,11, поступающей в персональный компьютер (ПК) 13. Взаимодействие ПК и БУ реализуется через блок связи 12 с LPT портом. Ядро БУ составляет процессорный модуль 7 на микроконтроллере МИ90F598G, непосредственно формирующий сигналы для управляющего силового блока 6.

Управление станком осуществляется системой типа PRCNC (Personal Real-time Computer Numerical Control), разработанной для станков с компьютер-

ными системами ЧПУ – PCNC (Personal Computer Numerical Control). Система построена с использованием CAN (Controller Area Network), являющегося высокотехнологичным средством управления и передачи последовательных данных в распределенных системах. В этой системе реализован принцип разделения выполняемых задач между функционально законченными блоками или группами блоков, связанных в сеть. Таким образом, решение задач ЧПУ, в том числе и таких как интерполяция по нескольким осям, переносится на уровень непосредственных исполнителей, т.е. БУ, взаимодействующих («договаривающихся») между собой по сети в процессе функционирования. В результате устройство числового программного управления (УЧПУ) комплектуется для управления требуемым количеством осей или входов-выходов электроавтоматики (ЭА) соответствующим числом БУ без изменения системного программного обеспечения.

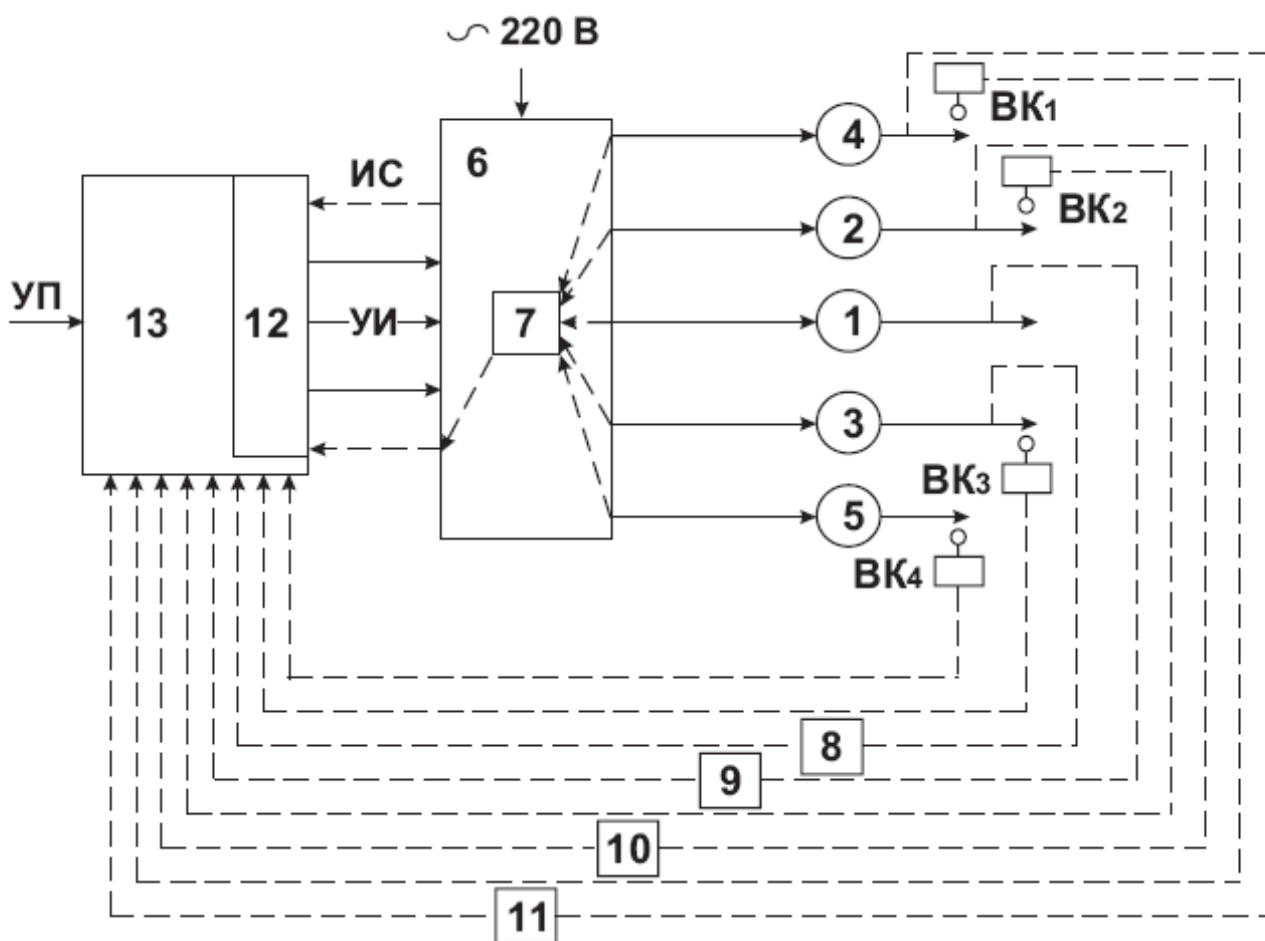


Рисунок 7 – Функциональная схема системы управления станком

В качестве сети передачи данных используется сеть CAN, схожая с Ethernet, но отличающаяся гарантированным временем доставки пакетов и соответственно отсутствием потерь времени при столкновении пакетов от двух различных узлов. Передача пакета имеющего меньший приоритет откладывается до тех пор, пока не освободиться шина.

Сопряжение сети CAN с ПК может выполняться либо интерфейсной (сетевой) платой через шину ISA, либо блоком связи с LPT портом (в данном варианте – второе), управление которыми, равно как и всеми блоками осуществляется 16-ти разрядными микроконтроллерами MB90F598G.

Микропроцессорный модуль на микроконтроллере MB90F598, являясь ядром блока управления, осуществляет взаимодействие с остальной системой через интерфейс с сетью CAN, принимая через него адресованные ему команды и выдавая запрошенную информацию о положении, скорости и токе. Структура системы управления представлена на рисунке 8 [1].

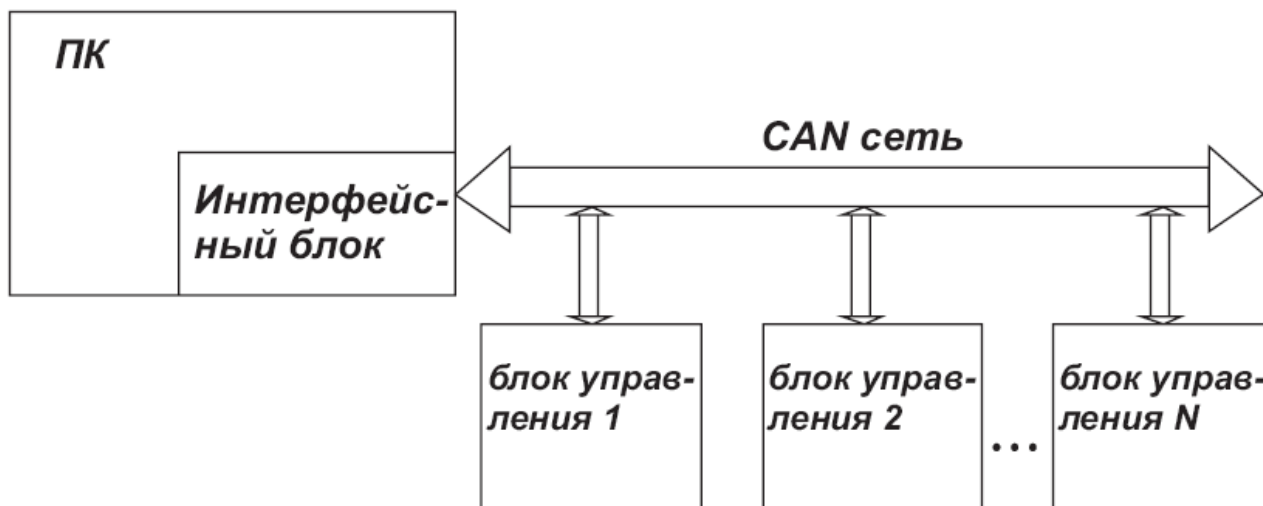


Рисунок 8 – Структурная схема системы управления

Развитие и увеличение распределенных систем, созданных на основе CAN, способствовало созданию ряда однокристальных микроконтроллеров со встроенными CAN-контроллерами, используемых для аппаратной поддержки создаваемых решений, в отличие от автономных (Stand-alone) CAN-контроллеров, применявшихся на начальном этапе становления CAN-технологий. В результате существенно снизилась сложность и стоимость систем.

2 Порядок проведения лабораторной работы

Изучить методическое руководство.

Ответить на контрольные вопросы.

Получить у преподавателя номер варианта задания.

Используя справочную литературу и приложение В выполнить расчеты допустимых значений подач при черновой обработке паза для полученного варианта задания. Варианты заданий приведены в таблице 2. Номер варианта задания состоит из трех цифр ХХХ. Первая цифра соответствует номеру инструмента, вторая – материалу и третья цифра обозначает материал обрабатываемой заготовки.

Составить отчет.
Защитить работу.

Таблица 2 – Варианты задания

Номер инструмента	Материал фрезы		Материал заготовки
	1 (P6M5)	2 (P18)	
	диаметр, мм (ширина паза, мм) число зубьев (глубина паза, мм)		
1	$\frac{3}{2}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	
2	$\frac{4}{2}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	
3	$\frac{4}{4}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	
4	$\frac{5}{3}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	
5	$\frac{5}{4}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	
6	$\frac{8}{4}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	
7	$\frac{10}{4}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	
8	$\frac{12}{5}$	1 (Бронза)	
		2 (Алюминий)	
		3 (Пластик)	
		4 (Дерево)	

3 Указания по технике безопасности

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ: не подключайте станок к сети питания, внимательно не ознакомившись с изложенными в «Руководстве» рекомендациями!

Ознакомьтесь с устройством и назначением станка.

Правильно устанавливайте и всегда содержите в рабочем состоянии все защитные устройства.

Перед включением станка, убедитесь в том, что все используемые при настройке инструменты удалены со станка.

Рабочая зона станка должна быть ограждена. Содержите рабочее место в чистоте и не допускайте его загромождения посторонними предметами. Не допускайте использование станка в помещениях со скользким полом.

Запрещается установка и работа станка в помещениях с относительной влажностью воздуха более 80 %. Рабочее место должно быть хорошо освещено и свободно для передвижения вокруг станка.

Не допускайте перегрузки станка.

Используйте станок только по назначению. Не допускается самостоятельное проведение модификаций станка, а также использование станка для работ, на которые он не рассчитан.

При работе на станке не надевайте излишне свободную одежду, перчатки, галстуки, украшения. Они могут попасть в подвижные детали станка. Всегда работайте в нескользящей обуви и уберите назад длинные волосы.

Всегда работайте в защитных очках; обычные очки таковыми не являются, поскольку не противостоят ударам; работайте с применением наушников для уменьшения воздействия шума.

При работе стойте на диэлектрическом коврикe.

При отсутствии на рабочем месте эффективных систем пылеудаления рекомендуется использовать индивидуальные средства защиты дыхательных путей (респиратор), поскольку пыль при обработке некоторых материалов (ДСП, ДВП и т.п.) может вызывать аллергические осложнения.

Сохраняйте правильную рабочую позу и равновесие, не наклоняйтесь над вращающимися деталями и агрегатами и не опирайтесь на работающий станок.

Контролируйте исправность деталей станка, правильность регулировки подвижных деталей, соединений подвижных деталей, правильность установок под планируемые операции. Любая неисправная деталь должна немедленно ремонтироваться или заменяться.

Содержите станок в чистоте, в исправном состоянии, правильно его обслуживайте.

Перед началом любых работ по настройке или техническому обслуживанию станка отключите вилку шнура питания станка из розетки электросети.

Используйте только рекомендованные комплектующие (детали, узлы и механизмы). Соблюдайте указания, прилагаемые к комплектующим. Применение несоответствующих комплектующих может стать причиной несчастного случая.

Не оставляйте станок без присмотра. Прежде чем покинуть рабочее место, выключите станок, дождитесь полной остановки электродвигателя и отсоедините шнур питания от розетки.

Перед первым включением станка обратите внимание на правильность сборки и надежность установки станка. **ВНИМАНИЕ! Прочтите надписи с предупреждающими указаниями на наклейках, расположенных на станке.**

Если Вам что-то показалось ненормальным в работе станка, немедленно прекратите его эксплуатацию.

Не допускайте неправильной эксплуатации шнура питания. Не тяните за шнур питания при отсоединении вилки от розетки. Оберегайте шнур от нагревания, попадания масла и воды и от повреждения об острые кромки.

После запуска станка, дайте ему поработать не менее одной минуты на холостом ходу. Если в это время вы услышите посторонний шум или почувствуете сильную вибрацию, выключите станок, отсоедините вилку шнура питания от розетки электрической сети и установите причину этого явления. Не включайте станок прежде чем будет найдена и устранена причина неисправности.

Не работайте на станке, если принимаете лекарства или находитесь в состоянии алкогольного или наркотического опьянения.

Никогда не выполняйте работы, если не установлены: защитные кожухи или крышки вращающихся узлов и элементов электропроводки, предусмотренные конструкцией.

Не включайте станок с незакрепленным режущим инструментом. Обеспечивайте необходимое крепление и положение режущего инструмента.

Используйте только заточенный режущий инструмент, соответствующий предполагаемой операции.

Не включайте и не выключайте станок при не отведённой заготовке от режущего инструмента.

Не пытайтесь остановить электродвигатель, систему передачи вращения или инструмент руками или какими-либо предметами.

Обеспечивайте надёжное прижатие и положение на рабочем столе обрабатываемой заготовки.

Не форсируйте режим работы, рекомендованный для данной операции.

Прижимные и направляющие устройства должны быть установлены в соответствии с рабочим заданием.

Никогда не удерживайте обрабатываемую деталь руками. Деталь должна быть закреплена в горизонтальных тисках. При сквозном сверлении металла сверло на выходе обычно приклинивает. При этом резко увеличивается усилие, увлекающее деталь за сверлом, что может привести к тяжелой травме руки, удерживающей деталь.

Не освобождайте инструмент от навитой стружки руками - используйте щетку или металлический крюк.

Помните, что при высоких скоростях сверления навивающаяся на сверло стружка может скалываться и фрагменты ее разлетаться на относительно

дальнее расстояние. **Обязательно используйте защитные очки**, опускайте защитный прозрачный экран.

Перед каждой заменой инструмента убедитесь в его исправности, в правильной заточке, не работайте затупившимся инструментом, инструментом с проточенным хвостовиком (на больших диаметрах сверления это перегружает станок)

Инструмент должен быть надежно закреплен в патроне патронным ключом. Не оставляйте ключ в патроне после установки инструмента.

Руки не должны находиться вблизи вращающегося инструмента.

Производите измерения обрабатываемой заготовки, если она находится на столе станка, при помощи мерительных приборов и инструментов только после полной остановки вращающихся элементов станка.

Не допускайте скопления стружки на столе станка.

Останавливайте станок, проверяйте состояние крепления и положение всех сопрягаемых деталей, узлов и механизмов станка после 50 часов работы.

Не допускайте попадания смазочных материалов на кнопки и рычаги управления.

К работе со станком допускается персонал, подготовленный и имеющий опыт работы на станках.

4 Контрольные вопросы

Опишите структуру станка НСФ-3Ф4.

Напишите шифр кинематической структуры данного станка и поясните запись.

Изобразите структурную схему сложной кинематической группы станка НСФ-3Ф4 обеспечивающей обработку фасонной поверхности (указанной преподавателем).

Напишите обозначение всех формообразующих движений реализуемых кинематикой станка.

Опишите структуры приводов станка.

Расскажите об основных отличиях кинематических структур станков с ЧПУ от кинематических структур станков с ручным управлением.

Посчитайте максимальное и минимальное значения подач.

Посчитайте для заданной преподавателем частоты вращения шпинделя крутящий момент на реечном колесе привода вертикальной подачи.

Как посчитать тяговые усилия приводов продольной и поперечной подачи.

Определите скорость перемещения губок зажимного приспособления.

Расскажите о конструкции и работе шпиндельной головки.

Как настроить привод главного движения на заданную частоту вращения шпинделя?

Как регулируется скорость АД привода главного движения?

Как регулируется скорость подачи?

Расскажите по функциональной схеме о работе системы управления станком.

Как в системе управления использованы CAN средства?

Расскажите о функциях датчиков обратной связи в следящих приводах.

5 Содержание отчета по лабораторной работе "Изучение конструкции, кинематики и приводов станка НСФ3-Ф4"

Название работы.

Цель работы.

Краткая характеристика станка:

– наименование;

– модель;

– пределы частот вращения шпинделя;

– пределы подач;

– максимальные размеры обрабатываемой заготовки.

Перечень используемого инструмента и выполняемых операций.

Эскизы кинематической схемы станка и структурных схем приводов.

Уравнения кинематического баланса приводов главного движения и подач.

Расчет допустимых значений подач для полученного варианта задания.

Перечень исполнительных движений обеспечиваемых кинематикой станка.

Описание принципов регулирования источников движения исполнительных органов станка.

Краткое описание работы системы управления по эскизам функциональной и структурной схем.

Группа

Выполнил

Принял

Список использованных источников

1 Руководство по эксплуатации настольного сверлильно-фрезерного станка НСФ-3Ф4. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 88 с.

2 Справочник по автоматизированному электроприводу / под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.

3 Станочное оборудование автоматизированного производства: учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. В 2-х т. / под ред. В.В. Бушуева. – М.: Издательство «СТАНКИН», 1993. – Т.1 – 584 с.

4 Справочник технолога-машиностроителя: В 2 т./ А.М. Дальский, А.Г. Суслов, А.Г. Косилова и др. М.: Машиностроение, 2003. – Т.1. – 913 с.

Приложение А

(справочное)

Рекомендуемые частоты вращения при сверлении

Таблица А.1 – Рекомендуемые частоты вращения шпинделя при обработке

Диаметр сверла, мм	Материал					
	Частота вращения шпинделя, об/мин					
	Сталь	Чугун	Бронза	Алюминий	Пластик	Дерево
3	2500	2500	2500	2500	2500	2500
4	2500	2500	2500	2500	2500	2500
5	1750	2500	2500	2500	2500	2500
6	1750	2500	2500	2500	2500	2500
7	1250	1750	2500	2500	2500	2500
8	1250	1750	2500	2500	2500	2500
9	900	1250	1750	2500	2500	2500
10	900	1250	1750	1750	2500	2500
11	600	900	1250	1750	1750	2500
12	600	900	1250	1250	1250	1750
13	600	600	900	1250	1250	1750

Приложение В

(справочное)

Допускаемые значения подач

В.1 Расчет допустимых значений подач

Ограничения режимов резания при обработке концевыми фрезами могут быть вызваны жесткостью фрезы, ее прочностью, качеством получаемой поверхности, условием размещаемости стружки, прочностью зуба фрезы, мощностью привода главного движения, прочностью механизма подачи станка, стойкостью инструмента, прочностью пластин.

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

$$S_m = Sn = S_znz ,$$

где n – частота вращения фрезы, об/мин;

z – число зубьев фрезы.

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

Подача, допускаемая жесткостью фрезы

Под действием силы P_x фреза, как показано на рисунке В.1, изгибается на некоторую величину f .

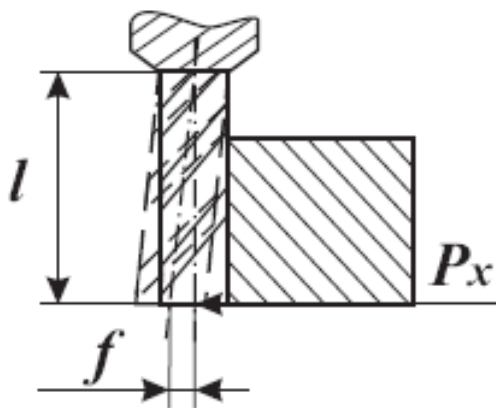


Рисунок В.1 – Схема прогиба фрезы

Величина прогиба f_0 , мм, определяется по формуле:

$$f_0 = \frac{P_x l_0^3 \mu}{AEJ_0}, \quad (\text{B.1})$$

где P_x – радиальная составляющая силы резания, Н;

l_0 – вылет фрезы, мм;

μ – динамический коэффициент;

A – коэффициент жесткости закрепления хвостовика;

E – модуль упругости, Н/мм² ;

J_0 – момент инерции сечения хвостовика, мм⁴.

Радиальная составляющая силы резания определяется в зависимости от окружной:

$$P_z = kP_x, \text{ Н}, \quad (\text{B.2})$$

где P_z – окружная сила резания, Н;

k – эмпирический коэффициент.

Сила P_z , Н, определяется по следующей формуле [4]:

$$P_z = \frac{10C_p t^x S_z^y B^u z}{D^q n^w} K_{mp}, \quad (\text{B.3})$$

где C_p – эмпирический коэффициент;

w, x, y, u, q – эмпирические показатели степени;

t – глубина резания, мм;

S_z – подача на зуб, мм;

B – ширина фрезерования, мм;

z – число зубьев;

D – диаметр фрезы, мм;

n – частота вращения шпинделя, об/мин;

K_{mp} – поправочный коэффициент, зависящий от материала детали.

Момент инерции сечения хвостовика J_0 , мм, определяется по формуле:

$$J_0 = \frac{\pi d^4}{64}, \quad (\text{B.4})$$

где d – диаметр хвостовика, мм.

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

$$S_{zж.фр} \leq \sqrt[3]{\frac{AEf_{дон}\pi d^4 D^q n^w}{10C_p t^x zK_{мп} 64\mu kl_0^3}}, \text{ мм/зуб} \quad (\text{B.5})$$

Подача, допускаемая прочностью фрезы

Напряжения в хвостовике не должны превышать допустимое напряжение изгиба:

$$\sigma \leq [\sigma]_u \quad (\text{B.6})$$

Напряжение в хвостовике σ , МПа, определяется по формуле:

$$\sigma = \frac{M}{W}, \quad (\text{B.7})$$

где M – момент силы в опасном сечении хвостовика, Н·м;
 W – момент сопротивления, мм³.

Эти составляющие определяются по формулам:

$$M = P_k l_0, \quad (\text{B.8})$$

$$W = \frac{\pi d^3}{32}, \quad (\text{B.9})$$

Получаем выражение для определения максимально допустимой подачи:

$$S_{zж.фр} \leq \sqrt[3]{\frac{\pi d^3 D^q n^w [\sigma]_u}{k320C_p t^x zK_{мп} l_0}}, \text{ мм/зуб} \quad (\text{B.10})$$

Подача, допускаемая по шероховатости поверхности

В зависимости от требуемой шероховатости подача определяется по эмпирической формуле:

$$S_{zшер} \leq \frac{C_c R_a^x D^b}{t^y}, \text{ мм/зуб}, \quad (\text{B.11})$$

где C_c – эмпирический коэффициент;

R_a – шероховатость, мкм;

x, b, y – эмпирические показатели степени.

Подача, допускаемая из условия размещаемости стружки

Пояснительная схема представлена на рисунке В.2.

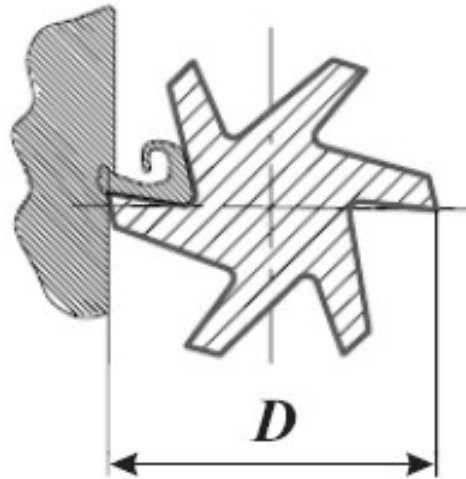


Рисунок В.2 – Схема размещения стружки

Подача по этому условию рассчитывается по эмпирической формуле:

$$S_{z\text{cmp}} \leq \frac{\alpha D^2}{tz}, \text{ мм/зуб}, \quad (\text{В.12})$$

где α – эмпирический коэффициент.

Подача, допускаемая прочностью зуба фрезы

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

$$S_{z\text{np.зб.фр}} \leq 0,1azD^b, \text{ мм/зуб}, \quad (\text{В.13})$$

где a – эмпирический коэффициент;

b – эмпирический показатель степени.

Подача, допускаемая мощностью привода главного движения станка

Мощность привода должна быть больше мощности резания с учетом КПД:

$$N_{\text{вл}} \eta \leq N_{\text{рез}} \quad (\text{В.14})$$

Мощность резания $N_{\text{рез}}$, кВт, вычисляется по формуле:

$$N_{рез} = \frac{VP_z}{102 \cdot 60}, \quad (B.15)$$

где V – скорость резания, м/мин.

$$V = \frac{\pi Dn}{1000} \quad (B.16)$$

Получаем выражение для определения максимально допустимой подачи:

$$S_{змоу.ст.} \leq \sqrt[y]{\frac{D^q n^w 60 \cdot 102 \cdot 1000 N_{шл}}{10 C_p t^x B^u z K_{мп} \pi D n}} = \sqrt[y]{\frac{D^{q-1} n^{w-1} 612000 N_{шл}}{C_p t^x B^u z K_{мп} \pi}}, \text{ мм/зуб}, \quad (B.17)$$

где $N_{шл}$ – мощность на шпинделе станка, кВт.

Подача, допускаемая прочностью механизма подач станка

Усилие подачи P_x не должно превышать предельное усилие механизма подач:

$$Q \geq P_x,$$

$$S_{змех.под} \leq \sqrt[y]{\frac{QD^q n^w}{10 C_p t^x B^u z K_{мп} k}}, \text{ мм/зуб}, \quad (B.18)$$

где Q – допускаемое значение тягового усилия механизма подач, Н.

Подача, допускаемая стойкостью инструмента

Для соблюдения заданного значения периода стойкости инструмента назначенная скорость резания не должна превышать расчетную $V \leq V_{рез}$. Расчетная скорость резания $V_{рез}$, м/мин, определяется по формуле:

$$V_{рез} = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S_z^y B^u z^p} K_v, \quad (B.19)$$

где C_v – эмпирический коэффициент;

K_v – поправочный коэффициент;

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

T – период стойкости, мин.

Получаем выражение для определения максимально допустимой подачи:

$$S_{z\text{см.ун.}} \leq \sqrt[3]{\frac{1000C_v D^q K_v}{T^m t^x B^u z^p \pi D n}} = \sqrt[3]{\frac{1000C_v D^{q-1} K_v}{T^m t^x B^u z^p \pi n}}, \text{ мм/зуб} \quad (\text{B.20})$$

Подача, допускаемая прочностью пластинки

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

$$P_z = 34t^{0,77} C^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \phi} \right)^{0,8}, \text{ кг}, \quad (\text{B.21})$$

где C – толщина пластинки, мм;

ϕ – главный угол в плане, град.

Учитывая, что:

$$P_z = C_{P_z} t^{X_{P_z}} S^{Y_{P_z}} K_{P_z}, \quad (\text{B.22})$$

получаем:

$$S_{\text{п.п.}} = \sqrt[3]{\frac{34t^{0,77} C^{1,35} \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \phi} \right)^{0,8}}{C_{P_z} t^{X_{P_z}-0,77} K_{P_z}}}, \text{ мм/об} \quad (\text{B.23})$$

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

$$S_{z\text{выбираемое}} \leq S_{z\text{расчетное}} \quad (\text{B.24})$$

В процессе принятия решения о выборе величины подачи необходимо руководствоваться следующим:

– с увеличением диаметра фрезы D , при прочих равных условиях, уменьшается толщина срезаемого слоя, меньше число одновременно работающих зубьев, меньше суммарная площадь сечения срезаемого слоя, увеличивает-

ся масса инструмента и длительность перерывов в работе зубьев, что снижает их нагрев. Всё вместе взятое уменьшает тепловую напряженность зуба фрезы и существенно повышает допускаемую скорость резания;

– с увеличением глубины резания t увеличивается угол контакта фрезы с заготовкой, вследствие чего толщина срезаемого слоя увеличивается и уменьшается время «отдыха» зуба фрезы. Это приводит к увеличению напряженности теплового режима и уменьшению допускаемой скорости резания;

– с увеличением подачи на зуб S_z увеличивается толщина срезаемого слоя, возрастает работа сил деформации и трения, увеличивается тепловыделение и температура в зоне резания;

– с увеличением ширины фрезерования B возрастает суммарная длина режущих кромок, участвующих в резании, повышается работа резания и тепловыделение, в силу чего допускаемая скорость резания снижается;

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

– от числа оборотов шпинделя зависит стойкость инструмента, то есть с увеличением числа оборотов уменьшается стойкость;

– чем выше требования к шероховатости обработанной поверхности, тем меньше должна быть глубина резания.

Рекомендуемые методы коррекции условий обработки приведены ниже.

По прочности фрезы:

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

По жесткости фрезы:

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

По прочности твёрдосплавной пластинки:

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

По шероховатости поверхности:

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

По прочности механизма подачи:

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

По стойкости инструмента:

- уменьшить величину подачи;
- снизить частоту вращения шпинделя;
- уменьшить толщину среза;
- увеличить стойкость инструмента (выбрать другой).

По мощности на шпинделе:

- уменьшить величину подачи;
- снизить скорость резания пропорционально недостатку мощности по

формуле:

$$V_N = V_{расч} \frac{N_{см}}{N_c}, \quad (B.25)$$

где V_N – скорость резания по станку, м/мин;

$V_{расч}$ – расчетная скорость резания;

$N_{см}$ – действующая мощность станка;

N_c – действующая мощность резания.