

Методические указания и контрольные задания по курсу "Металлорежущие станки" для студентов специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты" заочного факультета / Сост. И.Н.Кузнецов, В.М.Гурко, В.И.Романов. - Киев : КИИ, 1987. 140 с.

Составители И.Н.Кузнецов  
В.М.Гурко  
В.И.Романов

Ответственный редактор И.Т.Федоранко  
Рецензенты Л.Г.Лубанец  
Б.Н.Шапкин

Настоящие методические указания содержат задания к четырем контрольным работам.

По контрольной работе с оценкой "зачтено" преподаватель обязательно проводит собеседование и определяет качество знаний, усвоенных студентом при выполнении контрольной работы.

#### Обформирование контрольных работ

1. Работу выполняет на стандартных листах писчей бумаги формата А4.
2. На заглавном / титульном / листе должны быть следующие данные:

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

Киевский политехнический институт

Кафедра "Металлорежущие станки и оборудование ПНО"

Контрольная работа №        по курсу

"Металлорежущие станки" часть I / II или III /

Фамилия, имя, отчество студента

Курс, группа

№№ зачетной книжки

Домашний адрес

Киев, год

3. Для пояснения текста разрешается использовать чертежи общего вида станка, его узлов, механизмов, кинематических схем и др., отпечатанные на множительных аппаратах.

4. Небрежно оформленные работы не зачитываются.

Таблица 1.1

Часть I. УСТРОЙСТВО, КИНЕМАТИКА И НАЛАДКА  
МЕТАЛЛОРЕЗУЩИХ СТАНКОВ

Контрольная работа № 1

Контрольная работа № 1 включает в себя три вопроса.

В ответе на первый вопрос описывают определенный тип станков, область их применения, технологические возможности и перспективы развития, характерные детали, обрабатываемые на них, технические параметры станков; приводятся расчетные перемещения, согласовывающие движения конечных элементов цепей, уравнения баланса кинематических цепей и формулы настройки.

В ответе на второй вопрос кратко описываются соответствующий тип станка /зубо-, резьбообрабатывающий/, назначение, область применения, и производится расчет настройки станка на обработку конкретной детали по соответствующему варианту.

В ответе на третий вопрос производится все расчеты для карты наладки одношпиндельного токарно-револьверного автомата /например, мод. 1В140 или другие модификации/ на обработку конкретной детали по соответствующему варианту.

Объем работы по каждому вопросу контрольной работы № 1 не должен превышать 5-7 страниц.

Вопрос 1

Цель - ознакомиться с одним из типов станков, их назначением, технологическими возможностями, областью применения и перспективами развития, характерными параметрами их технологических характеристик, типовыми механизмами, специфическими узлами и приспособлениями;

составить расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса цепей главного движения, подачи и др.

Вариант задания выбирает по табл. 1.1. Например, при начальной букве "М" фамилия и последней цифре шифра "4" вариант задания будет 30.

Начальная буква фамилии студента	Последняя цифра шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
А, К, У	9	10	27	28	45	5	4	3	2	1
Б, Л, Ф	8	11	26	29	44	6	7	8	9	10
В, М, Х	7	12	25	30	43	15	14	13	12	11
Г, Н, Ц	6	13	24	31	42	16	17	18	19	20
Д, О, Ч	5	14	23	32	41	25	24	23	22	21
Е, П, Ш	4	15	22	33	40	26	27	28	29	30
Ж, Р, Щ	3	16	21	34	39	35	34	33	32	31
З, С, Ъ	2	17	20	35	38	36	37	38	39	40
И, Т, Ё, Э	1	18	19	36	37	46	44	43	42	41

Содержание вопроса

1. Записываются исходные данные задания: тип станка, модель, название цепей и узлов, которые должны быть изучены и описаны.
2. Общая характеристика станков данной группы: эскиз или чертеж общего вида типа станка с указанием основных узлов; эскизы характерных деталей, обрабатываемых на данном типе станка; область применения; характерные узлы и приспособления для данных станков /дать эскизы/.
3. Описание модели конкретного станка: основные технические характеристики станка - технологические, размеры, кинематические /скоростные/, силовые /энергетические и динамические/; описание кинематической цепи станка: указывается количество электродвигателей, их мощность и частота вращения для привода отдельных узлов или элементов станка; формулируются условия настройки, записываются расчетные перемещения и уравнения кинематического баланса или структурные формулы цепей.

Варианты исполнения вопроса 1 приведены в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Номер варианта	Имя станков
1	2
1	Токарно-винторезные
2	Карусельные
3	Токарно-заточные
4	Токарно-револьверные
5	Вертикально-сверлильные
6	Радиально-сверлильные
7	Горизонтально-расточные
8	Копольно-фрезерные
9	Резьбофрезерные
10	Продольно-строгальные
11	Поперечно-строгальные
12	Токарно-винторезные
13	Вертикально-сверлильные
14	Карусельные
15	Токарно-заточные
16	Токарно-револьверные
17	Радиально-сверлильные
18	Копольно-фрезерные
19	Резьбофрезерные
20	Продольно-строгальные
21	Поперечно-строгальные
22	Токарно-винторезные
23	Токарно-револьверные
24	Карусельные
25	Токарно-заточные
26	Вертикально-сверлильные
27	Радиально-сверлильные
28	Горизонтально-расточные
29	Копольно-фрезерные
30	Продольно-строгальные
31	Поперечно-строгальные
32	Токарно-винторезные
33	Токарно-револьверные
34	Токарно-заточные
35	Вертикально-сверлильные
36	Копольно-фрезерные
37	Радиально-сверлильные
38	Карусельные
39	Резьбофрезерные
40	Горизонтально-расточные
41	Продольно-строгальные
42	Поперечно-строгальные
43	Токарно-револьверные
44	Токарно-винторезные
45	Токарно-заточные

## Вопрос 2

Цель - ознакомиться с назначением, принципом работы одного из типов резьбы-, зубообрабатывающих станков, кинематикой, устройством и настройкой станка на обработку заданной детали. Номер варианта задания выбирает по табл. 1.1.

## Содействие вопросу

1. Исходные данные варианта.
2. Назначение станков данного типа, их типы.
3. Принцип работы станка, применяемый инструмент, устройство и характерные особенности.
4. Общий вид станка с указанием основных узлов.
5. Основные технические характеристики станка.
6. Движения, необходимые для процесса обработки.
7. Описание и настройка станка с эскизами, объяснением расчетных переключений, с уравнениями кинематического баланса и формулами настройки всех кинематических цепей станка.
8. Настройка станка на обработку заданной детали включает в себя:

эскизы и особенности крепления деталей и установки режущего инструмента;

подбор смежных колес шестер.

Точность подбора смежных зубчатых колес в формообразующих колесах в значительной степени определяет точности обработки, поэтому допустимая относительная погрешность подбора колес не должна превышать 0,0001, и производится по специальным таблицам или методом.

Если отсутствуют данные о числах зубьев, входящих в комплект смежных колес станка, можно использовать комплект, включающий в себя следующие зубчатые колеса: от 20 до 100 - через каждый зуб, далее - 105; 110; 113; 115; 120 и 127.

9. Недостающие данные для настройки станка /винтики, риски, риски и др./ выбираются по справочной литературе.

10. Для настройки можно быть следующие колеса станков /в соответствии с вариантом/:

зубоосевающий - 5112 или 514;

зубоотрабатывающий - 5A26 или 126;

зубофрезерные - 5В32, 5В32 или 5В324;  
 зубошлифовальный - 5В32 или 5В33;  
 резьбошлифовальный - 5В22.

Варианты выполнения вопроса 2 приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Номер варианта	Тип станка и основные размеры детали
1	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 10^\circ$ , правая, $Z = 30$ , $m_n = 2$ мм
2	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 10^\circ$ , левая, $Z = 31$ , $m_n = 2,75$ мм
3	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 10^\circ$ , правая, $Z = 32$ , $m_n = 2,5$ мм
4	Зубострогальный, шестерня, $Z = 105$ , $m = 3,5$ мм, $\varphi = 37,5^\circ$
5	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 15^\circ$ , левая, $Z = 33$ , $m_n = 2,5$ мм
6	Зубострогальный, шестерня, $Z = 86$ , $m = 3,5$ мм, $\varphi = 33,5^\circ$
7	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 11^\circ$ , левая, $Z = 34$ , $m_n = 2$ мм
8	Зубострогальный, шестерня, $Z = 80$ , $m = 3$ мм, $\varphi = 33,5^\circ$
9	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 12^\circ$ , правая, $Z = 35$ , $m_n = 2$ мм
10	Зубострогальный, шестерня, $Z = 44$ , $m = 5$ мм, $\varphi = 46^\circ$
11	Зубострогальный, шестерня, $Z = 51$ , $m = 4$ мм, $\varphi = 29,5^\circ$
12	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 15^\circ$ , правая, $Z = 40$ , $m_n = 2$ мм
13	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 10^\circ$ , левая, $Z = 45$ , $m_n = 2$ мм
14	Зубошлифовальный, шестерня, $Z = 34$ , $m = 3$ мм
15	Зубодолбежный, шестерня, $Z = 88$ , $m = 2$ мм, $S = 0,3$ мм/дв.ход

Продолжение табл. 1.3

1	2
16	Зубодолбежный, шестерня, $Z = 49$ , $m = 1,75$ мм, $S = 0,3$ мм/дв.ход
17	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 14^\circ$ , правая, $Z = 42$ , $m_n = 2$ мм
18	Резьбошлифовальный, червячная фреза, $m = 2$ мм
19	Зубострогальный, шестерня, $Z = 33$ , $m = 3,5$ мм, $\varphi = 42,5^\circ$
20	Зубострогальный, шестерня, $Z = 94$ , $m = 3,5$ мм, $\varphi = 32,5^\circ$
21	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 13^\circ$ , правая, $Z = 46$ , $m_n = 2,5$ мм
22	Резьбошлифовальный, червячная фреза, $m = 2,5$ мм
23	Зубошлифовальный, червячная фреза, $m = 3,5$ мм
24	Резьбошлифовальный, червячная фреза, $m = 4$ мм
25	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 14^\circ$ , правая, $Z = 47$ , $m_n = 2$ мм
26	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 16^\circ$ , левая, $Z = 48$ , $m_n = 2$ мм
27	Зубодолбежный, шестерня, $Z = 75$ , $m = 1,75$ мм, $S = 0,3$ мм/дв.ход
28	Резьбошлифовальный, червячная фреза, $m = 3$ мм
29	Зубодолбежный, шестерня, $Z = 47$ , $m = 1,75$ мм, $S = 0,3$ мм/дв.ход
30	Зубошлифовальный, шестерня, $Z = 53$ , $m = 3$ мм
31	Резьбошлифовальный, червячная фреза, $m = 2,5$ мм
32	Резьбошлифовальный, червячная фреза, $m = 5$ мм
33	Зубошлифовальный, шестерня, $Z = 60$ , $m = 2$ мм
34	Зубодолбежный, шестерня, $Z = 42$ , $m = 1,75$ мм, $S = 0,3$ мм/дв.ход
35	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 11^\circ$ , левая, $Z = 49$ , $m_n = 2$ мм
36	Зубофрезерный, шестерня косозубая, $\beta = 12^\circ$ , левая, $Z = 50$ , $m_n = 2$ мм
37	Зубострогальный, шестерня, $Z = 48$ , $m = 3,5$ мм, $\varphi = 37,5^\circ$

Оформление табл.1.3

1	2
38	Зубострогальный, шестерня, $Z = 46$ , $m = 3,6$ мм, $\varphi = 30^\circ$
39	Зубодобельный, шестерня, $Z = 68$ , $m = 1,75$ мм, $S = 0,3$ мм/дв.ход
40	Резьбодшлифовальный, червячная фреза, $m = 3,5$ мм
41	Резьбодшлифовальный, червячная фреза, $m = 5$ мм
42	Зубодобельный, шестерня, $Z = 78$ , $m = 3$ мм, $S = 0,3$ мм/дв.ход
43	Зубофрезерный, шестерня прямозубая, $Z = 38$ , $m = 5,5$ мм
44	Зубофрезерный, шестерня прямозубая, $Z = 78$ , $m = 2$ мм
45	Зубофрезерный, шестерня прямозубая, $Z = 94$ , $m = 2$ мм

Вопрос 3

Цель – ознакомиться с назначением, конструкцией и принципом работы одношпиндельного токарно-револьверного автомата /визирмер, мсл.1Б124, 1Б140 или прутки модификация/, кинематикой и настройкой автомата на обработку детали. Номер варианты задания выбирается по табл.1.1, а эскизы детали – по табл.1.4.

Содержание вопроса

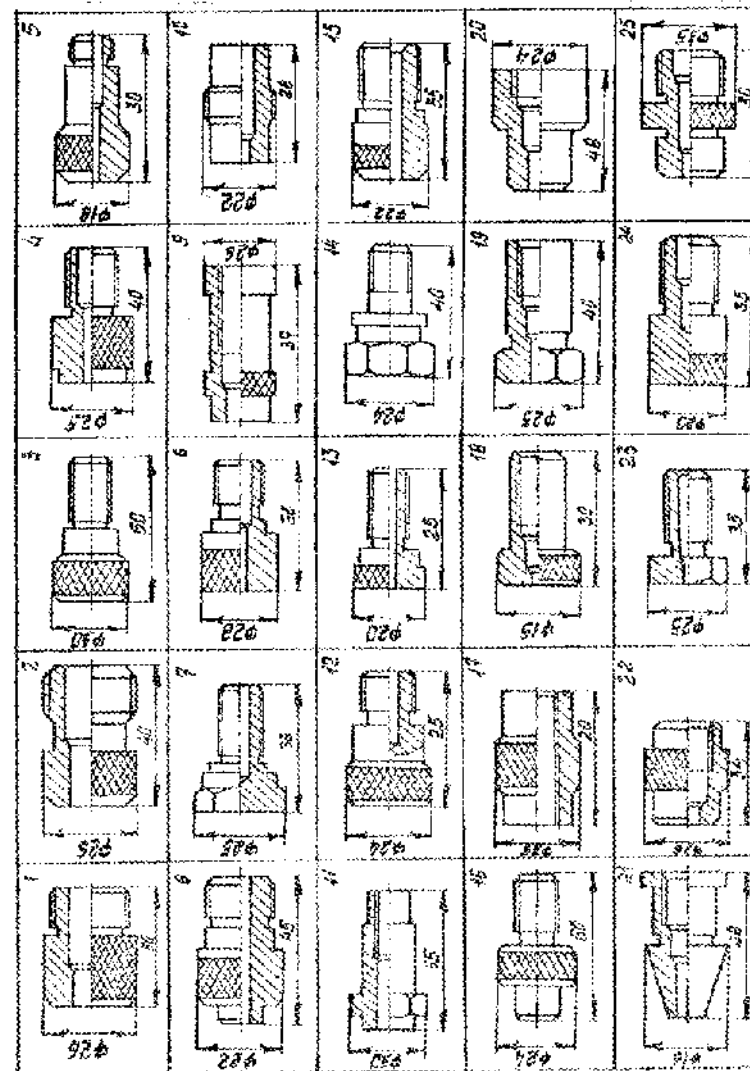
1. Сделать эскизы детали согласно варианту задания /табл.1.4/. Недостающие линейные размеры, размеры диаметров и резьбы принять самостоятельно.

2. По заданному варианту детали и выбранной модели автомата произвести все расчеты для карты наладки станка. Форму расчетно-технологической карты наладки станка взять из рекомендуемой литературы, или имеющей на производстве, или по предлагаемой форме /табл.1.5/.

3. Построить развернутую циклограмму с условным изображением кривений механизмов автомата.

Пояснения и расчеты карты наладки автомата должны содержать: обоснование выбранного технологического процесса обработки детали. При составлении технологических операций необходимо соблюдать

Таблица 1.4



Окончание табл. I.4

30  25 40	35  25 38	40  25 35	45  25 37
29  18 35	34  25 34	39  24 40	44  24 38
28  24 37	33  25 45	38  25 20	43  25 40
27  24 45	32  28 40	37  15 44	42  28 37
26  25 48	31  25 40	36  25 54	41  18 32

Таблица I.5

Министерство Белгического и среднего специального образования ИСЕР КВИ Кабарды МРЭ и ВЛАС. Эскизы переходов	Карта нолки одношпандельного	
	Вычерчение деталей	Эскиз детали
	Материал детали:	
	Наименование переходов	
	I	
	Реальная величина	
		Подобрать материал
Установочное расстояние или радиусной гонимости по стандарту L <sub>0</sub>	Количество отверстий на 1 деталь $n_d = n_r \frac{K_{\text{ср}}}{C_p} =$	



Вариант 2

Узлы автомата	Сопыте доли поворота распределена									
	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
Механизм подачи и зажима материала	[График]									
Механизм переключения револьверной головки	[График]									
Револьверный суппорт	[График]									
Реверс вращения шпинделя	[График]									
Задний суппорт	[График]									
Передний суппорт	[График]									
Порезной суппорт	[График]									

Часть 2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕТАЛЛОРЕЗАЮЩИХ СТАНКОВ

Контрольная работа № 2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ СО СТУПЕНЧАТЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СКОРОСТЕЙ

Цель работы - выполнить кинематический, силовой расчет и выбрать тип главного привода вращательного движения по заданным условиям; тип ступени, максимальный размер обработки  $D_{max}$  /числитель/ и эффективная мощность резания  $N_{max}$  /знаменатель/ /табл.2.1/; максимальная скорость резания  $V_{max}$  и диапазон регулирования частот  $R_n$  вращения шпинделя /табл.2.2/.

2.1. Условия выполнения задания

1. Разрешается проектировать коробки передач с совпадением /наложением/ ступеней оборотов.
2. Не рекомендуется использовать в одной группе передач /между двумя валами коробки/ более четырех передач.
3. Рекомендуется применять передаточные отношения прямозубых зубчатых колес только в допустимых пределах -  $\frac{1}{4} \dots 2$ ; косозубых -  $\frac{1}{4} \dots 2,5$ ; гитар оменных колес  $4 - \frac{1}{2} \dots 2$ .

4. Для гибких малонагруженных передач /ременных, зубчато-ременных/ допускается применять передаточные отношения в диапазоне  $\frac{1}{4} \dots 4$ .

5. Не разрешается применять структуры, у которых отклонения фактических частот от стандартных колл бы на одной ступени превышали допустимую величину:

$$\frac{\Delta n}{n} (\%) = \pm 1/4 - 1/10,$$

но не более 5% /лучше в положительную сторону/.

2.2. Порядок выполнения работы

2.2.1. Из табл.2.1 и 2.2 записываем исходные данные.

2.2.2. Уточняем размерные характеристики, т.е. находим минимальный диаметр обработки из размерного соотношения - диапазона охватываемых ступеней диаметров обработки

$$R_d = \frac{D_{max}}{D_{min}}$$

$R_d = 8$  - для прутковых токарных автоматов и револьверных станков и 3...5 для всех остальных типов станков, указанных в табл.2.1.

Расчетный  $D_{min} = \frac{D_{max}}{R_d}$  округляется до целого числа, соответствующего ряду предпочтительных.

2.2.3. Определяем минимальную скорость резания из условия

$$R_n = R_v R_d = \frac{V_{max}}{V_{min}} \frac{D_{max}}{D_{min}}$$

где  $R_v = \frac{V_{max}}{V_{min}}$  - диапазон регулирования скоростей;

$$V_{min} = \frac{V_{max} D_{max}}{R_n D_{min}}$$

2.2.4. Определяем соответственно максимальную и минимальную частоту вращения шпинделя:

$$n_{max} = \frac{1000 V_{max}}{9 D_{min}}; \quad n_{min} = \frac{n_{max}}{R_n}$$

Таблица 2.1

Исполнительная организация	Тип станка	Качество сушки древесины																	
		А.В.М.	Б.В.К.	В.В.Т.	Г.В.С.	Д.В.Р.	Е.В.П.	З.В.Н.	И.В.О.	К.В.И.	Л.В.А.	М.В.И.	Н.В.К.						
		Матрица результатов испытаний																	
		125	160	200	250	320	400	500	620	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6200
0	Толкано-цирко-резный / Г/	0,5	1	1,5	2	3,5	5	7	8	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13
1	Токарно-парусельный / Г/	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95
2	Деревообрабатывающий торцово-автоматический / О/А/	12	18	24	42	50	65	18	24	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
3	Токарно-парусельный / Г/	80	12	25	40	65	35	18	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125
4	Многофункциональный токарно-автоматический / М/А/	14	2	3	5	6	4	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
5	Вертикально-сверлильный / В/С/	12	16	25	32	40	50	65	80	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
6	Токарно-автоматический / М/А/	5	8	10	15	18	20	20	25	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70
7	Радикально-сверлильный / Р/С/	18	35	35	50	25	18	25	35	3,5	5	7	8	9	10	11	12	13	14
8	Радикально-сверлильный / Р/С/	1	2,5	3	5	8	1,5	2,5	3,5	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9	Радикально-сверлильный / Р/С/	35	50	75	35	50	75	35	50	75	35	50	75	35	50	75	35	50	75
10	Радикально-сверлильный / Р/С/	3	4,5	6	8,5	5	6,5	8	9,5	11	12,5	14,5	16,5	18,5	20,5	22,5	24,5	26,5	28,5
11	Радикально-сверлильный / Р/С/	120	240	360	480	600	720	840	960	1080	1200	1320	1440	1560	1680	1800	1920	2040	2160
12	Радикально-сверлильный / Р/С/	1	2	4	5	7	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5
13	Радикально-сверлильный / Р/С/	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
14	Радикально-сверлильный / Р/С/	1,5	2,5	3,5	4	6	6,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5
15	Радикально-сверлильный / Р/С/	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900	950
16	Радикально-сверлильный / Р/С/	2,5	3,5	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

15

Таблица 2.2

Исполнительная организация	Тип станка	Качество сушки древесины																		
		А.В.М.	Б.В.К.	В.В.Т.	Г.В.С.	Д.В.Р.	Е.В.П.	З.В.Н.	И.В.О.	К.В.И.	Л.В.А.	М.В.И.	Н.В.К.							
		Матрица результатов испытаний																		
		45	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
0	Толкано-цирко-резный / Г/	45	60	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260	280	300	320	340	360	380	400
1	Токарно-парусельный / Г/	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
2	Деревообрабатывающий торцово-автоматический / О/А/	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
3	Токарно-парусельный / Г/	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
4	Многофункциональный токарно-автоматический / М/А/	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210
5	Вертикально-сверлильный / В/С/	25	35	45	55	65	75	85	95	105	115	125	135	145	155	165	175	185	195	205
6	Токарно-автоматический / М/А/	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
7	Радикально-сверлильный / Р/С/	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105
8	Радикально-сверлильный / Р/С/	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
9	Радикально-сверлильный / Р/С/	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220

15

2.2.5. Выбираем тип привода с одним двигателем для коробки скоростей и подает или же с отдельными двигателями [11; 17; 19; 20], предусматривая следующие варианты:

ступенчатый /типы сменных шестерен, в виде множительных и сложивших структур, с частичным наложением скоростей, с двухскоростным электродвигателем и т.д./;

комбинированный при наличии бесступенчатого привода с регулируемым двигателем постоянного тока и необходимости расширения диапазона регулирования в сочетании с простейшими ступенчатыми коробками скоростей.

2.2.6. При выборе ступенчатого привода в случае диапазона регулирования одной группы передач, превышающего  $J \approx 8$ , следует переходить к сложным структурам.

Для ступенчатого привода выбираем нормализованный знаменатель ряда по следующим соображениям:

по аналогии с существующими типами станков, имеющих подобный диапазон регулирования  $R_n$  и того же назначения;

для универсальных станков обычно  $\varphi = 1,25$ , реже 1,4;

для станков с малым машинным временем /у малых станков или у станков упрощенной конструкции/ принимает  $\varphi = 1,6$ , а иногда 2;

в станках для массового и крупносерийного производства /токарные автоматы и полуавтоматы/  $\varphi = 1,08, 1,12$ , а иногда 1,25;

в крупных тяжелых универсальных станках с очень большим машинным временем /токарно-карусельные станки/ принимают малые значения  $\varphi$ , равные 1,12 и 1,25.

2.2.7. Определяем количество ступеней скоростей по формуле

$$Z = \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} + 1$$

и округляем до целого.

По ГОСТ 2811-1-72 для известных  $n_{min}$  ( $n_{max}$ ) и выбранного знаменателя  $\varphi$  вписываем нормальные значения частот. При очень большом диапазоне  $R_n$ , требующих очень сложных приводов и коробок, используют настройку диапазона на наиболее низкие или высокие частоты. Например, одну и ту же коробку можно построить на частоты от 25 до 1000  $мин^{-1}$  или же от 40 до 1600  $мин^{-1}$ .

2.2.8. Синхронные числа оборотов электродвигателя выбираются из следующего ряда: 750, 1000, 1500  $мин^{-1}$ .

2.2.9. Анализируем варианты структур  $Z = R_a R_b \dots$ , выбираем оптимальную по соображениям /экономическим, конструктивным,

технологическим и др./, заложенным в [11; 12; 19; 20] и строим структурную сетку.

2.3.10. Строим картину чисел оборотов с учетом условий 9 и 4 /подразд. 2.2/, имеющую зернообразную структуру. В пределах допустимых окружных скоростей на зубчатых колесах /табл. 2.3/, шлицах и других механизмах [11; 15; 16; 17] частоты ведущего и промежуточных валов должны по возможности выбираться выше, чтобы получить быстроходные малогабаритные передачи. На первом этапе расчета частотами  $n_{max}$  задаемся, сравнивая с лучшими современными станками того же размера, и затем проверяем после расчета размера модулей колес /или диаметров шлицов/.

Таблица 2.8

Тип передачи	Максимально допустимая окружная скорость, м/с	Рекомендации по применению в станках
Прямозубые зубчатые колеса	9	В переключаемых передачах. При повышенных требованиях к качеству обработки в станках с $n_{max} < 1500 \text{ мин}^{-1}$
Косозубые зубчатые колеса	14	В станках нормальной точности при $n_{max} < 2500 \text{ мин}^{-1}$
Ременная	25	В станках для чистовой обработки при $n_{max} > 2500 \text{ мин}^{-1}$

2.2.11. Строим схему передач в приводе, определяем числа зубьев колес аналитически или с помощью таблицы [16; 17]. Для уменьшения количества шестерен и габаритных размеров коробки можно пользоваться связными шестернями учитывая, что односвязные передачи кинематических ограничений не вносят, двухсвязные — ограничивают выбор передаточных отношений групп, а при трех и более связных шестернях обычно нельзя выполнить геометрический ряд, расчеты усложняются, так как обычные методы не приводят к оптимальным вариантам.

Из условия жесткости валов по углу закручивания определяем ориентировочные диаметры валов по формуле, мм:

$$d \approx (105 - 125) \sqrt[3]{N_{30} / n_i \tau_{a-i}}$$

где  $N_{зв}$  - мощность, кВт;  $n_i$  - частота  $i$ -го вала,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $Z_{ш-и}$  - условный КПД от шпинделя до  $i$ -го вала, начиная со шпинделя. Расчетное значение диаметра вала округляют до ближайшего из стандартного ряда диаметров гладких валов /ГОСТ 6630-73/.

2.2.12. Определяем действительные частоты вращения шпинделя по уравнению баланса кинематической цепи построенной коробки скоростей в сравнении с нормальными /условия 5 в параграфе 2.2/.

2.2.13. Определяем мощность х.х. в приводе приблизительно по формуле, кВт:

$$N_{хх} = K_M d_{ср} (n_1 + n_2 + n_3 + \dots + \epsilon n_{шп}),$$

где  $K_M = (3 - 5) \cdot 10^{-4}$  - коэффициент, зависящий от условий изготовления, смазки и конструкции в смысле потерь на трение в элементах привода;  $d_{ср}$  - средний диаметр валов цепи передач /без шпинделя/, см;  $n_1, n_2, n_3, \dots$  - числа оборотов /оборота из структурной сетки/ в минуту валов привода, включенных в цепь при данном  $n_{шп}$ ;  $n_{шп}$  - расчетное число оборотов шпинделя, при котором определяется мощность;  $\epsilon = K_{шп} \frac{d_{шп}}{d_{шп}}$  - коэффициент вязания шпинделя;  $d_{шп}$  - диаметр шпинделя в передней опоре, см;  $K_{шп} = 1,5$  - для шпинделя на подшипниках качения и  $K_{шп} = 2$  - скольжения.

По рекомендациям МНЗЭС в качестве расчетной частоты вращения шпинделя  $n_{шп}$  для большинства станков общего назначения принимается наибольшая из нижней трети общего количества ступеней частот вращения шпинделя  $Z$ , т.е. необходимо  $Z$  разделить на три части /если не делится точно, то приблизительно/ и на той части, которая относится к низким частотам вращения, взять наибольшую частоту /табл. 2.4/.

Таблица 2.4

Z	6	8,9	12	16	18	21	24	27	32	36
$n_{шп}$	$n_1$	$n_2$	$n_3$	$n_4$	$n_5$	$n_6$	$n_7$	$n_8$	$n_9$	$n_{10}$

Исключение из указанного правила составляет станки сверлильной группы, для которых  $Z$  необходимо делить не на 3, а на 4.

2.2.14. Определяем расчетный /условный/ КПД привода станка:

где  $\eta_1, \eta_2, \eta_{хх}, \eta_{шп}, \eta_{ср}$  - КПД соответственно передач /ременных, зубчатых/ и подшипников /качения, скольжения/ /табл. 2.5/;

$a, b, c, e$  - соответственно количество одноступенчатых передач и подшипников коробки скоростей;  $\eta_{ср}$  - коэффициент, приблизительно учитывающий расход мощности в приводе подачи; для токарных, револьверных, сверлильных и расточных станков  $\eta_{ср} = 0,96$ ; для фрезерных и других станков, имеющих свой отдельный двигатель подачи,  $\eta_{ср} = 1$ .

Таблица 2.5

№ п/п	Тип передачи или подшипника	КПД передач и подшипников станков
1	Плоскоремная	0,98
2	Клинременная	0,97
3	Прямозубая цилиндрическая	0,99
4	Косозубая цилиндрическая	0,965
5	Коническая	0,97
6	Червячная ( $\beta$ - угол подъема винтовой линии червяка, $\varphi = 5-6^\circ$ - угол трения, задается)	$\frac{\tan \beta}{\tan (\beta + \varphi)}$
7	Подшипники качения	0,997
8	Подшипники скольжения	0,98

Определяется максимальная потребляемая мощность электродвигателя

$$N_{эл.дв. макс} = \frac{N_{зв. станк}}{K \eta} + N_{хх},$$

где  $K = 1, 2, \dots, 3$  - коэффициент повторно-кратковременной перегрузки электродвигателя; при длительной равномерной нагрузке  $K = 1$ ;  $\eta$  - условный КПД привода станка;  $N_{хх}$  - мощность х.х.

Тип электродвигателя выбираем в зависимости от вида привода, оборотов и установленной мощности с учетом загрузки и.

2.2.15. С учетом всех полученных данных вычерчиваем кинематическую схему коробки скоростей в соответствии с требованиями ЕСКД [16 - 17].

В виде таблицы составляем краткую техническую характеристику привода станка /размерные, кинематическую, силовую/.

2.3. Пример кинематического расчета коробки скоростей токарного станка

Дано:  $D_{max} = 100$  мм;  $V_{max} = 250$  м/мин;  $R_n = 14$ .

Определяем  $D_{min} = \frac{D_{max}}{3 \pm 5} = 33,3 \div 20$  мм. Принимаем

$D_{min} = 30$  мм;

$$V_{min} = \frac{V_{max} D_{max}}{R_n D_{min}} = \frac{250 \cdot 100}{14 \cdot 30} \approx 60 \text{ м/мин.}$$

Исходим

$$n_{max} = \frac{1000 V_{max}}{D_{min}} = 2650 \text{ мин}^{-1},$$

$$n_{min} = \frac{1000 V_{min}}{D_{max}} = 190 \text{ мин}^{-1}.$$

Исходя из универсальности и по аналогии со средними станками принимаем  $\varphi = 1,25$ .

Определяем число ступеней скоростей

$$Z = \frac{\lg R_n}{\lg \varphi} + 1 \approx 12,9.$$

Принимаем  $Z = 12$ . По ГОСТ 2 Н11-1-72 выбираем ряд оборотов  $n (n_1 \div n_{12})$ , начиная с ближайшего: 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500.

Анализируем возможные варианты структуры привода. Результаты анализа сводим в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Количество групп передач	Число передач в группах	Число валов	Число зубчатых колес при отсутствии связанных
3	2-2-3 2-3-2 3-2-2	4	14
2	2-2-3 2-3-2	3	10

По ряду конструктивных, экономических и кинематических соображений /большее число передач в первой группе, первая группа основная,

стойкость 4 вестерн и I вала с опорами левые двухскоростного электродвигателя и т.д./ выбираем  $Z = 3_1 \cdot 2_2 \cdot 2_3$ .

Строим структурную сетку симметрично относительно начальной точки /рис. 2.1/.

Учитывая рекомендацию, касающуюся предельных передаточных отношений  $i_2 \approx i_3 \approx 1/4$ , а принятое  $n_{max} = 1470 \text{ мин}^{-1}$ , строим сетку чисел оборотов шпинделя  $n$  /рис. 2.2/.

Схема передач и коробки скоростей показана на рис. 2.3. С целью уменьшения числа зубчатых колес и габаритных размеров коробки скоростей введем связанное колесо, охватывающее передачи  $i_3$  и  $i_4$  /рис. 2.4/.

По схеме передач строим кинематическую схему коробки скоростей /рис. 2.5/ с одноосевой передачей /шестерня  $Z_{5-8}$ /.

Параллельно с кинематическим расчетом определяем диаметры валов /шпинделя/, выбираем опоры /кошкинники/, шестерни с минимальным числом зубьев по конструктивной целесообразности, а также определяем мощность х.х. и выбираем электродвигатель.

В данном случае определяем числа зубьев при найденных значениях  $m = const$ , начиная с III группы.

III группа. Выбираем  $Z_{min} = Z_{II} = 18$  по конструктивным соображениям и из условий неоскрывания зубьев, найдем аналитически числа зубьев по наименьшему общему кратному  $K$  и выбранному числу  $L$ , определим сумму зубьев  $S_{Z_5} = EK [11; 15; 17; 19; 20]$ :

$$i_5 = \frac{Z_{II}}{Z_{13}} = \frac{1}{\varphi^6} = \frac{1}{1,25^6} = \frac{1}{4} = \frac{a_5}{b_5} \quad \left| \quad a_5 + b_5 = 1 + 4 = 5 \right.$$

$$i_7 = \frac{Z_{II}}{Z_{12}} = 1 = \frac{1}{1} = \frac{a_7}{b_7} \quad \left| \quad a_7 + b_7 = 1 + 1 = 2 \right.$$

$$K = 5 \cdot 2 = 10 = S_{Z_{min}}. \text{ Так как } Z_{II} = K \frac{a_5}{a_5 + b_5} = 10 \frac{1}{5} = 2,$$

$$\text{а } Z_{min} = 18, \text{ то } E = \frac{Z_{min}}{Z_{II}} = \frac{18}{2} = 9. \text{ Тогда сумма зубьев}$$

$$\text{III группы передач } S_{Z_5} = 9 \cdot 10 = 90.$$

$$Z_{13} = \frac{S_{Z_5} a_5 b_5}{a_5 + b_5} = \frac{90 \cdot 1}{5} = 72 \quad \left| \text{или } S_{Z_5} - Z_{II} = 90 - 18 = 72 \right.$$

$$Z_{10} = Z_{12} = \frac{S_{Z_5} a_7}{a_7 + b_7} = 90 \frac{1}{1+1} = 45 \quad \left| \text{или} \right.$$

$$S_{Z_5} \frac{i_4}{L_4 + 1} = \frac{90 \cdot 1}{2} = 45 \quad \left| \right.$$

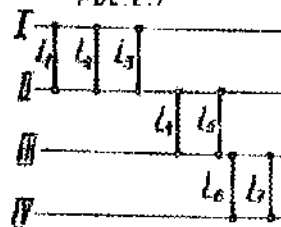
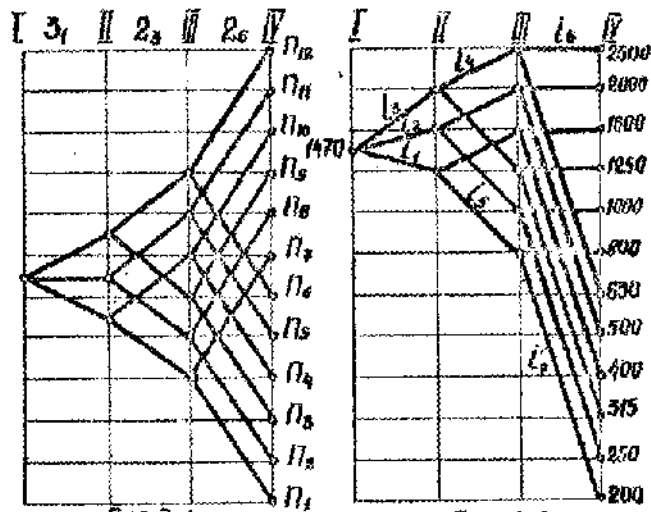


Рис. 2.3

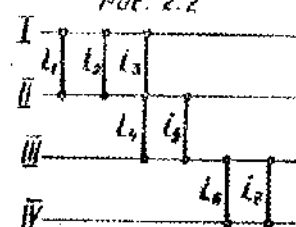


Рис. 2.4

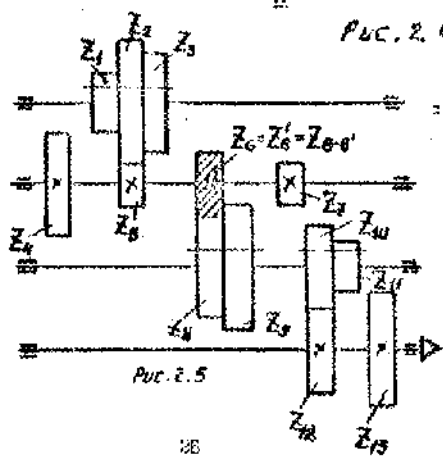


Рис. 2.5

1 группа. Прямое связанное колесо  $Z_6 = Z_6' = Z_{6-6'} = 55$ .  
Согласно картинке чисел оборотов

$$i_1 = \frac{Z_1}{Z_4} = \frac{1280}{1470} = 0,86; \quad i_2 = \frac{Z_2}{Z_5} = \frac{2000}{1470} = 1,36;$$

$$i_3 = \frac{Z_3}{Z_{6-6}} = \frac{1600}{1470} = 1,1.$$

Зная, что в передаче  $i_3 = \frac{Z_3}{Z_{6-6'}} = 1,1$  связанное колесо

$$Z_{6-6'} = 35, \text{ находим } S_{Z_3} = Z_{6-6'} \cdot (i_3 + 1) = 55 / 1,1 + 1 = 74.$$

$$\text{По формулам находим остальные шестерни I группы: } Z_1 = S_{Z_1} \frac{i_1 + 1}{i_1 + 1} = \frac{74 \cdot 0,86}{0,86 + 1} = 34; \quad Z_4 = \frac{S_{Z_4}}{i_4 + 1} = \frac{74 \cdot 1}{0,86 + 1} = 40 \text{ или } 74 - 34 = 40/;$$

$$Z_3 = S_{Z_3} - Z_{6-6'} = 74 - 35 = 39; \quad Z_2 = S_{Z_2} \frac{i_2}{i_2 + 1} = \frac{74 \cdot 1,36}{1,36 + 1} = 45;$$

$$Z_5 = S_{Z_5} - Z_2 = 74 - 43 = 31.$$

II группа.

$$i_4 = \frac{Z_6-6'}{Z_8} = \psi = 1,26; \quad i_5 = \frac{Z_7}{Z_9} = \frac{1}{\psi^2} = \frac{1}{1,26^2} = 0,635.$$

Зная, что  $Z_{6-6'} = 35$ ,  $i_4 = 1,26$ , находим  $S_{Z_2} = Z_{6-6'} \frac{i_4 + 1}{i_4} =$

$$= 35 \frac{1,26 + 1}{1,26} = 62. \text{ Тогда } Z_8 = S_{Z_8} - Z_{6-6'} = 62 - 35 = 27;$$

$$Z_7 = S_{Z_7} \frac{i_5}{i_5 + 1} = 62 \frac{0,635}{0,635 + 1} = 24; \quad Z_9 = 62 - 24 = 38.$$

По уравнению баланса кинематической цепи

$$n_{\text{вн}} (1 - i_2) = n_{\text{вн.дв}} \left( \frac{Z_1}{Z_4} \frac{Z_2}{Z_5} \frac{Z_3}{Z_{6-6'}} \frac{Z_6-6'}{Z_8} \frac{Z_7}{Z_9} \frac{Z_{10}}{Z_{12}} \frac{Z_{11}}{Z_{13}} \right)$$

определяем действительные числа оборотов  $n_{12} \div n_{12d}$  и сравниваем с нормальными  $n_1 \div n_{12}$ . Результаты расчета сводим в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Номер группы	Число оборотов в минуту		Отклонения		Сравнение с допустимыми $\leq$
	действительных $n_d$	нормальных $n$	абсолютные $\Delta n = n_d - n$	относительные $\frac{\Delta n}{n}, \%$	
1	$n_{1d}$	$n_1$	$n_{1d} - n_1$	$\frac{\Delta n_1}{n_1}$	Если $\frac{\Delta n}{n} > \pm 2,6\%$ , то указывается способ устранения, например: коррозия зубчатого зацепления
...	...	...	...	...	
12	$n_{12d}$	$n_{12}$	$n_{12d} - n_{12}$	$\frac{\Delta n_{12}}{n_{12}}$	

Контрольная работа № 3

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА

3.1. Общие сведения о шпиндельных узлах

К шпиндельным узлам /ШУ/ предъявляются следующие основные требования [22; 24; 29].

1. Надежность передачи на заготовку или инструмент крутящего момента.
2. Точность вращений, определяемая радиальным и осевым биением переднего конца шпинделя: для станков общего назначения в зависимости от класса точности станка должна соответствовать стандартным значениям; для специальных станков точность вращения зависит от требуемой точности обработки.

$$\Delta \leq \frac{\Delta_d}{3}, \quad /3.1/$$

где  $\Delta$  - биение шпинделя;  $\Delta_d$  - допуск на лимитирующий размер готового изделия.

3. Жесткость /радиальная и осевая/, определяемая откликами шпинделя под нагрузкой на переднем конце, Н/мм:

$$j = \frac{P}{y}, \quad /3.2/$$

Исходя из нормальной работы подшипников жесткость на учете между опорами ограничивается 250-300 Н/мм /большие значения - для станков повышенной точности/, что лимитирует диаметр шпинделя:

$$d \geq \sqrt[4]{(0,05 \div 0,1) l^3}, \quad /3.3/$$

где  $l$  - расстояние между опорами шпинделя.

Возможно также определение жесткости исходя из требований к точности обработки

$$y \leq \Delta \leq \frac{\Delta_d}{3}, \quad /3.4/$$

4. Высокие динамические качества /виброустойчивость/, определяемые амплитудой колебаний переднего конца шпинделя и частотой собственных колебаний, которая не должна быть ниже 500-600 Гц.
5. Минимальные тепловыделения и температурные деформации ШУ. Тепловыделения регламентируются допустимым нагревом подшипников /табл. 3.1/.

Таблица 3.1

Класс точности станка	Н	П	В	А	У
Допустимая температура наружного кольца, °С	70	50-55	40-45	35-40	28-30

6. Долговечность ШУ, зависящая от долговечности опор, которая в свою очередь во многом зависит от эффективности системы смазывания, уплотнений, частоты вращений, предварительного натяга и подшипников качения и т.д. Долговечность ШУ не регламентирована, ее определяют по устойчивости, износу деталей подшипника или потери смазочных свойств масла.
7. Быстрое и точное закрепление инструмента или обрабатываемой детали при автоматизации этой операции.
8. Минимальные затраты на изготовление, сборку и эксплуатацию ШУ при удовлетворении всех остальных требований.

Конструкция ШУ зависит от типа и размера станка, класса его точности, предельных параметров процесса обработки /максимальной частоты вращения  $n_{max}$ , эффективной мощности привода/. Передние концы шпинделей для большинства станков стандартизированы /табл. 3.2/. Шпиндели могут быть полые и цельные /преимущественно для шлифовальных станков/.

В зависимости от требований к процессу смены инструмента или приспособлений /важных патронов/ центрирование осуществляется конусом Морзе, конусами конусности 7:24 или 1/3. Конфигурация внутренних поверхностей определяется наличием отверстий для бурового материала и конструкцией важного устройства, встраиваемого в шпиндель. Возможны и другие концы шпинделей.

Таблица 3.2

Конструктивная схема (форма) конца шпинделя	Эскиз	Тип станка
Резьбовой		Токарные ГВСТ 1688-71
Фланцевая		Токарные, револьверные, многоспindleвые, шпиндельные и др. ГВСТ 2595-72
В внутреннем канале		Фрезерные, расточные, сверлильные ГВСТ 836-72
С наружным концом		Шлифовальные ГВСТ 2523-78

Тип опор шпинделя /табл.3.3/, обуславливающий форму посадочных мест, выбирает из таблицы в зависимости от точности обработки и быстроходности, которая определяется скоростным параметром - производным  $dn$ , мм·мин<sup>-1</sup>, где  $d$  - диаметр отверстия под подшипник, мм;  $n$  - частота вращения шпинделя, мин<sup>-1</sup>.

Таблица 3.3

Тип опор	Размерное и осевое биение, мм	Отклонение от круглости обработанного изделия, мкм	$dn \times 10^{-5}$ мм·мин <sup>-1</sup>
Качения	1,00	1,0	0-10
Гидродинамические	0,50	0,5	1-10
Гидростатические	0,05	0,2	0-15
Аэростатические	0,10	0,5	5-40

Учитывая эти параметры /табл.3.3/, а также меньшую стоимость подшипников качения при централизованном изготовлении [26; 27], в настоящее время более 98% станков изготавливают с Ш на подшипниковых качения /табл.3.4/.

Таблица 3.4

Увеличение быстроходности Уменьшение жесткости	№ п/п	Тип	Схема	$dn \times 10^5$ мм·мин <sup>-1</sup>	$E_z$
1	1	Высокоскоростные		1...1,4	0,65...0,75
2	2	Высокоскоростные		1,5...1,8	0,45...0,65
3	3	Высокоскоростные		1,6...2	0,3...0,45
4	4	Среднеоборотные		2,5...3,5	0,3...0,45
5	5	Среднеоборотные		3...4,5	0,2...0,3
6	6	Среднеоборотные		4...5	0,15...0,2
7	7	Среднеоборотные		5...6	0,1...0,15
8	8	Среднеоборотные		6...8	0,05...0,1
9	9	Среднеоборотные		7...10	0
10	10	Среднеоборотные		10...15	0

Для подшипников качения применяют жидкий или твердый смазочный материал, а методы смазывания зависят от параметра  $(dn)_{max}$  /табл.3.5/.

Таблица 3.5

Смазывание	$(dn)_{max} \cdot 10^{-5}^*$ мм·мин
Погружением	5,5-8
Разбрызгиванием	2,2-3,2
Циркуляционное	4,2-6
Капельное	2,8-4
Масляным туманом	5,5-8
Под давлением	7,5-10

\* Меньшие значения для тяжелых сред подшипников; большие - для особо малых.

Для шпинделей станков нормальной точности применяют конструкционные стали 45, 50, 40Х с поверхностной закалкой /обычно с нагретом ТВА/ по твердости HRC<sub>2</sub> 48-58. Шпиндели сложной формы изготавливают из сталей 50Х, 40ХГР и применяют обработку закалку до HRC<sub>2</sub> 56-60. Для прецизионных станков в условиях жидкостной смазки применяют высокоугле-родистые стали 20Х, 18ХГТ, 12ХНЗА с цементацией и закалкой до HRC<sub>2</sub> 66-68. Для слабонагруженных шпинделей высокоточных станков с целью уменьшения внутренних деформаций применяют азотируемые стали 38Х2МФА, 38Х3МФА с закалкой до HRC<sub>2</sub> 63-68. Для изготовленная полых шпинделей большого диаметра всегда применяют серый чугун СЧ20.

### 3.2. Задание исходные данные для расчета

3.2.1. Выбрать общие исходные данные по табл.3.6.

3.2.2. По значению скоростного параметра  $(dn)$  выбрать схему III по табл.3.4.

3.2.3. Определить предельные числа оборотов шпинделя и выбрать по его посадочным диаметрам, конструктивной схеме типоразмера подшипников передний и задний опор. Выбрать метод смазывания по табл.3.5 и допустимую температуру нагрева - по табл.3.1.

Если обороты шпинделя будут выше допустимых для подшипников качения, то следует выбрать гидродинамические, гидроэластические и с воздушной смазкой или снизить обороты до допустимых.

Таблица 3.6

См- вол	Наименование смазочного ма- териала/ла- минетта	Варианта по ве- личине таблицы сущее француз	Последняя цифра шпинделя													
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
$a$	Вылет передней консоли, мм	А-И К-Т У-Н	200 250 300	230 180 120	150 140 100	120 150 80	100 160 180	80 140 200	100 140 200	120 160 200	100 140 200	120 160 200	100 140 200	120 160 200	100 140 200	120 160 200
$d_2$	Диаметр передней консоли, мм	А-И К-Т У-Н	180 220 250	160 120 100	140 120 80	120 100 80	100 120 150	80 110 150	100 110 150	120 110 150	100 120 150	120 110 150	100 120 150	120 110 150	100 120 150	120 110 150
$d_1$	Диаметр шпинделя между опорами, мм	А-И К-Т У-Н	160 200 240	145 105 90	115 110 70	105 90 50	90 105 145	70 90 130	90 105 130	110 90 110	90 105 110	110 90 110	90 105 110	110 90 110	90 105 110	110 90 110
$d^*$	Диаметр стержня шпинделя, мм	А-И К-Т У-Н	100 140 150	100 80 50	80 70 40	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20	85 70 20
$(dn)_{max} \cdot 10^3$	Скоростной параметр мм·мин <sup>-1</sup>	А-И К-Т У-Н	1,6 1,7 1,8	1,5 1,6 1,7	1,4 1,5 1,6	1,3 1,4 1,5	1,2 1,3 1,4	1,1 1,2 1,3	1,0 1,1 1,2	0,9 1,0 1,1	0,8 0,9 1,0	0,7 0,8 0,9	0,6 0,7 0,8	0,5 0,6 0,7	0,4 0,5 0,6	0,3 0,4 0,5
$P$	Ожидаемая нагрузка консоли, кг	А-И К-Т У-Н	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20	10 15 20
Класс точности шпинделя		А-И К-Т У-Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н	Н П Н

\* Для шпинделей станков /особенно больших размеров и не преимущественных автоматичес-  
ков закрепления круга/ шпиндель должен быть цельным / $d^* = 0$ /.

3.2.4. Определить реакции в опорах и их радиальную жесткость /податливость/.

3.2.5. Определить оптимальное расстояние  $l_{opt}$  между опорами /металльно на ЭВМ/ [21; 30].

3.2.6. Определить радиальную жесткость ШУ и максимальный прогиб консоли /металльно на ЭВМ/ [21; 30], сравнить с допустимым.

3.2.7. Определить осевую жесткость ШУ, сравнить с допустимой.

3.2.8. Определить радиальные зазоры передней и задней опор ШУ [24; 25], выбрать подшипники соответствующего класса точности по табл.3.7.

Таблица 3.7

Класс точности станины	Класс точности радиальных подшипниковых опор		Класс точности упорных подшипников
	Передней	Задней	
Н	5	5	5
Н	4	4	4
В	2	4	4
А	2	2	2
С	2	2	2

3.2.9. Определить демпфирующие свойства и собственную частоту шпинделя, сравнить с рекомендуемой.

3.2.10. Выбрать материал шпинделя и его термобработку.

3.2.11. В масштабе 1:1 /1:2/ на соответствующем листе формата от А4 до А1 вычертить конструкцию ШУ применительно к выбранному типу станины [22; 24; 25; 29] с указанием присоединительных размеров концевых шпинделей по табл.3.2 и соответствующим ГОСТам.

3.3. Этапы расчета вала шпиндельного узла /рис.3.1/.

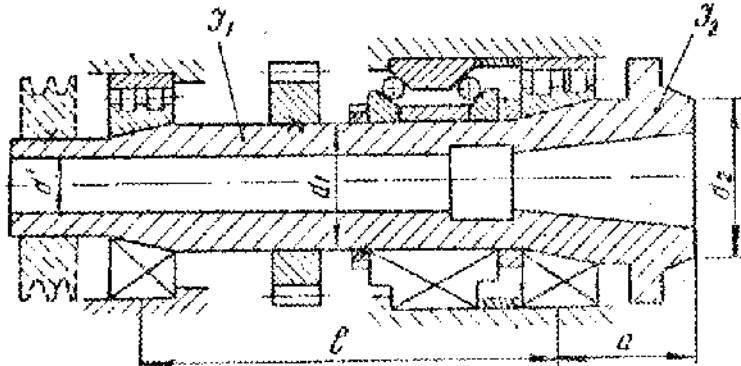


Рис. 3.1

3.3.1. Расчет жесткости /податливости/ опор /табл.3.8/. Определяются реакции соответственно в передней и задней опорах  $R_1$  и  $R_2$  по схемам /рис.3.2 - расчетные схемы ШУ/. Для этого предварительно выбирает  $l = 3d$ , либо, если  $d$  неизвестно, то  $l = 3d/d$  - диаметр шпинделя в передней опоре/:

$$R_1 = \frac{P(a+l)}{l}; \quad R_2 = \frac{Pa}{l} \quad /3.5/$$

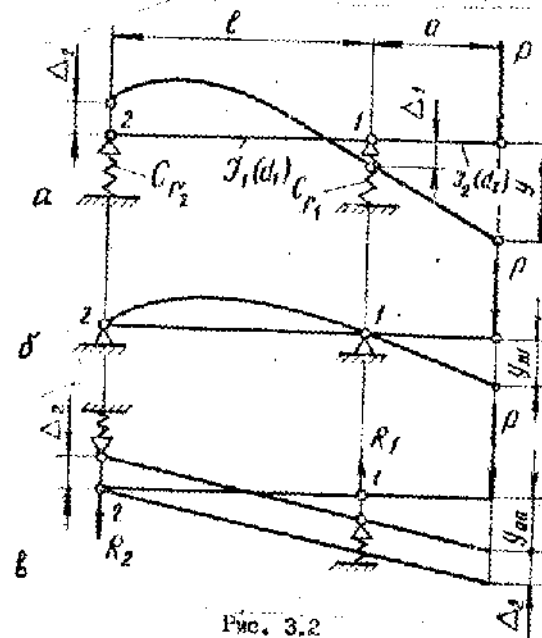


Рис. 3.2

Жесткость передней /задней/ опоры на подшипниках качения

$$C_r = C_{r'} (E_{r'}) = \frac{P}{\delta_r' + \delta_r''} \quad /3.6/$$

где  $\delta_r'$  - упругое обжатие тел качения и колец подшипников;  $\delta_r''$  - контактное обжатие на посадочных поверхностях подшипника, шпинделя и корпуса.

Таким образом, податливости соответственно передней и задней опор шпинделя будут:

$$e_1 = \frac{1}{C_{r1}}; \quad e_2 = \frac{1}{C_{r2}}$$

Данные по расчету податливости опор можно найти в [22; 26; 27; 29; 30].

Таблица 3.8

№ п/п	Внутренний диаметр подшипника $d$	Жесткость опоры $C_p$ , Н/мм	
		Тип подшипника	
		2007100	4074000
1	40	200	480
2	45	250	580
3	50	300	570
4	55	350	620
5	60	400	680
6	65	450	750
7	70	500	800
8	75	550	880
9	80	600	960
10	85	650	1000
11	90	700	1100
12	95	775	1150
13	100	850	1250
14	110	1000	1450
15	120	1100	1600
16	130	1200	1800
17	140	1400	2000
18	150	1600	2200
19	160	1700	2400
20	170	1800	2600
21	180	2000	2800
22	190	2200	3000
23	200	2400	3200
24	220	2800	3600
25	240	3000	4100
26	260	3300	4400

Примечания: 1. Для одного конического роликоподшипника типа 2007100 радиальную жесткость /податливость/ можно принять на 25% меньше /больше/ по сравнению с подшипником типа 3162100 того же размера либо выбрать по табл. 3.8.

2. Если в опору устанавливаются два одинаковых подшипника, то для расчета берется удвоенная жесткость  $2 C_p$ .

3. Для опоры, состоящей из одного радиально-упорного подшипника, жесткость /податливость/ можно принять в два раза меньше /больше/ по сравнению с дубликом радиально-упорных подшипников.

4. Для опоры, состоящей из трех или четырех радиально-упорных подшипников, жесткость /податливость/ можно принять соответственно в 3 или 4 раза больше /меньше/ по сравнению с одним.

5. Для опоры, состоящей из игольчатого роликоподшипника типа 4074000 жесткость /податливость/ можно принять на 25% больше /меньше/ по сравнению с подшипником типа 3162100 того же размера либо выбрать по табл. 3.8.

Вычисления радиальной и осевой жесткостей шлицевых опор различных типов изображены на рис. 3.8.

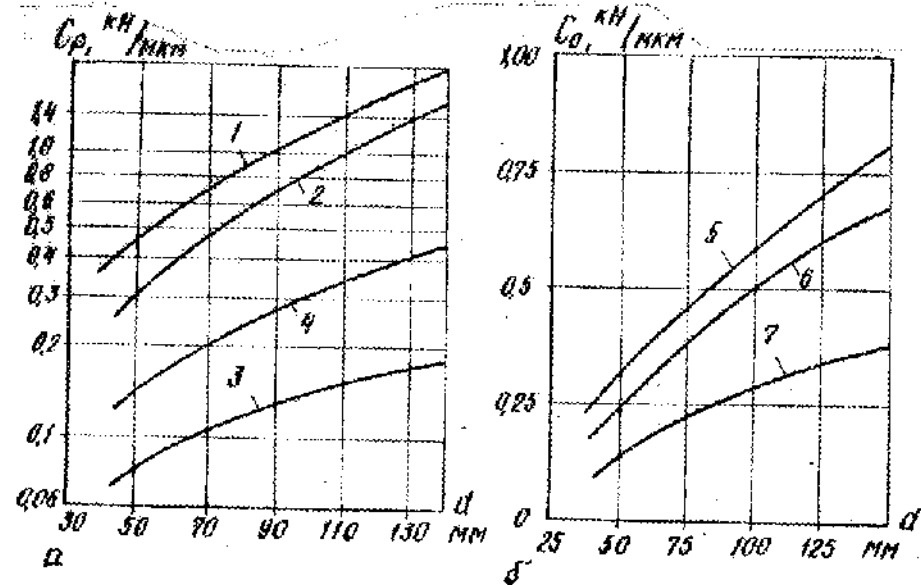


Рис. 3.8. Зависимость радиальной и осевой жесткостей подшипника от его диаметра: 1 - двухрядные роликоподшипники; 2 - конические роликоподшипники; 3 - шарикоподшипники; 4 - гидростатические опоры /при  $p_k = 2 \text{ МПа}$ /; 5 - упорные шарикоподшипники; 6 - углоб- радиальные шарикоподшипники; 7 - радиально-упорные шарикоподшипники

При аналитическом определении усредненные зависимости деформаций опор качения от действующей на них нагрузки соответственно для роликовых и шариковых подшипников имеют вид

$$\delta_r^* = k_p R, \quad /3.7/$$

$$\delta_w^* = k_w R^{2/3}. \quad /3.8/$$

Значения коэффициента  $k_p$  жесткости роликовых подшипников /  $d$  - внутренний диаметр подшипника / приведены в табл.3.9.

Таблица 3.9

Тип подшипника		Коэффициент жесткости, мм/кН
Однорядные с короткими цилиндрическими роликами	широкой	$\frac{48}{d}$
	нормальной	$\frac{65}{d}$
Двухрядные с коническим отверстием сепара		$\frac{40}{d}$
Однорядные конические	широкой	$\frac{33}{d}$
	нормальной	$\frac{52}{d}$

Для однорядных шариковых подшипников коэффициент жесткости

$$k_w = 10^{-4} (0,7 - 0,02d) \text{ см} \cdot \text{кгс}^{-2/3}.$$

Плотность  $E_{кк}$  в контакте концы подшипника с несущей поверхностью вала и корпуса в радиальном направлении выражается зависимостью

$$E_{кк} = \frac{4k}{\pi d B} \left(1 + \frac{d}{B}\right), \quad /3.9/$$

где  $k = /C, 015 - 0,025/ \cdot 10^{-4}$ ;  $d$  - диаметр вала, см;  $B$  - наружный диаметр подшипника, см.

Коэффициент деформации упругого шарикоподшипника

$$k_w = \frac{110 \cdot 10^6}{\sqrt{Z^2 d_w^3}}$$

где  $Z$  - число шариков;  $d_w$  - диаметр шарика, см.

3.3.2. Основные зависимости для расчета жесткости шпиндельного узла.

Радиальное перемещение переднего конца шпинделя

$$y = y_w + y_{оп} + y_{свб}, \quad /3.10/$$

где  $y_w$ ,  $y_{оп}$  и  $y_{свб}$  - радиальные перемещения, вызванные соответственно изгибом шпинделя, погрешностью опор и отбитом от действия поперечных сил /величиной  $y_{свб}$  можно пренебречь, так как она не превышает 2-3%  $y$  /, т.е.

$$y = y_w + y_{оп}. \quad /3.11/$$

Перемещение  $y_w$  определяется с помощью интеграла Мора по правилу Верещагина графоаналитически /см. рис.3.2/:

$$y_w = \frac{Pa^2}{3E} \left[ \frac{a}{J_2} + \frac{E(1-\epsilon_3)}{J_1} \right], \quad /3.12/$$

где  $E$  - модуль упругости;  $J_1$  и  $J_2$  - осевые моменты инерции соответственно межшпирной части и передней консоли;

$$J = \frac{\pi d^4}{64} \left[ 1 - \left(\frac{d'}{d}\right)^4 \right],$$

$d'$  - диаметр отверстия;  $\epsilon_3$  - коэффициент заземления в передней опоре /см. табл.3.1/, причем для шариковой опоры  $\epsilon_3 = 0$ , для жесткой заделки  $\epsilon_3 = 1$ .

Перемещение  $y_{оп}$  определяется при условии абсолютно жесткого шпинделя из подобия треугольников /см. рис.3.2/:

$$y_{оп} = P \left\{ \epsilon_1 \left[ \frac{a(1-\epsilon_3) + l}{l} \right]^2 + \epsilon_2 (1-\epsilon_3) \left(\frac{a}{l}\right)^2 \right\}. \quad /3.13/$$

Подставляя /3.12/ и /3.13/ в /3.11/, получаем

$$y = \frac{Pa^2}{3E} \left[ \frac{a}{J_2} + \frac{E(1-\epsilon_3)}{J_1} \right] + P \left\{ \epsilon_1 \left[ \frac{a(1-\epsilon_3) + l}{l} \right]^2 + \epsilon_2 (1-\epsilon_3) \left(\frac{a}{l}\right)^2 \right\}. /3.14/$$

Общая радиальная жесткость  $E_P$

$$E_P = \frac{y}{P} = \frac{1}{dP} \quad /3.15/$$

или

$$E_P = \frac{a^2}{3E} \left[ \frac{a}{J_2} + \frac{E(1-\epsilon_3)}{J_1} \right] + \epsilon_1 \left[ \frac{a(1-\epsilon_3) + l}{l} \right]^2 + \epsilon_2 (1-\epsilon_3) \left(\frac{a}{l}\right)^2. /3.16/$$

3.3.3. Определение оптимального межопорного расстояния.  
Из /3.15/ радиальная податливость ИУ

$$P_p = P_{ш} + P_{оп} \quad /3.17/$$

Эта податливость имеет экстремум /точку перегиба/, т.е. при  $P_{min} (y_{min})$  имеет место оптимальное значение  $l_{opt}$  /рис.3.4/, для нахождения которого необходимо продифференцировать  $P$  по  $l$  /или  $y$  по  $l$ /, приравнять к нулю  $\frac{dP}{dl} = 0$  /или  $\frac{dy}{dl} = 0$ / и решить относительно  $l$ . Полученное значение  $l_{opt}$  корректируется с учетом вылета передней консоли шпинделя  $a$ . Исходя из критерия минимального радиального биения переднего конца шпинделя должно быть  $l \geq 2,5a$ . Поэтому, если  $l_{opt} < 2,5a$ , то принимаем для дальнейших расчетов  $l = 2,5a$ . Если получилось  $l_{opt} \geq 2,5a$ , то для дальнейших расчетов принимаем  $l = l_{opt}$ .

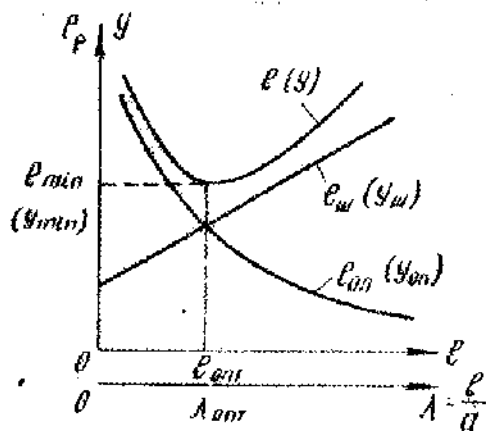


Рис.3.4

3.3.4. Определение радиальной жесткости шпиндельного узла.

Рассчитывая и выбирая значения  $a, l, \xi, \gamma, \gamma_2$  подставляем в уравнение /3.14/ и определяем при заданной силе  $P$  радиальное отжатие переднего конца шпинделя  $y$ , а по формуле /3.2/ — его жесткость, по формуле /3.15/ — податливость.

Значение  $y$  сравниваем с допустимым по формуле /3.4/ или по условию  $y = [y] = 0,001$ .

3.3.5. Определение радиального биения передней  $\delta_A^r$  и задней  $\delta_B^r$  опор осуществляется по формулам из простых геометрических соотношений:

$$\delta^r = \delta_A^r \left(1 + \frac{a}{l}\right) + \delta_B^r \frac{a}{l} \leq \frac{\Delta}{3}, \quad /3.18/$$

где  $\Delta$  — допуск на радиальное биение конца шпинделя по формуле /3.1/.  
Приняв  $\delta_A^r \left(1 + \frac{a}{l}\right) = \delta_B^r \frac{a}{l}$ ,  
получим

$$\delta_A^r = \frac{\Delta}{6 \left(1 + \frac{a}{l}\right)}, \quad /3.19/$$

$$\delta_B^r = \frac{\Delta}{6 \frac{a}{l}}, \quad /3.20/$$

3.3.6. Определение демпфирующих свойств ИУ.

Демпфирующие свойства ИУ можно количественно оценить с помощью логарифмического декремента колебаний  $\lambda_w = \ln(A_i/A_{i+1}) > [\lambda]$ , где  $A_i, A_{i+1}$  — амплитуды соседних по периоду свободных затухающих колебаний угла. Допускаемые минимальные значения  $[\lambda]$  ИУ станков различных типов следующие [28]: токарных — 0,23, фрезерных — 0,27, шпиндельных — 0,30, радиально-сверляющих — 0,18. Приближенно

$\lambda_w = 0,5 \frac{\psi_1 \psi_2}{\alpha^2 \psi_1 + \psi_2 (l+a)^2}$ , где  $\psi_1, \psi_2$  — относительное рассеяние энергии соответственно в передней и в задней опорах.

Демпфирующие свойства  $\psi_0$  используемых в ИУ подшипников качения приведены в табл.3.10.

Таблица 3.10

Стандарт	Тип подшипника	$\psi_0$
ГОСТ 8338-75	Шариковый радиальный однорядный	0,23
ГОСТ 6874-75	" упорный однорядный шариковый	0,26
ГОСТ 831-75	" радиально-упорный однорядный	0,21
ГОСТ 233-79	Роликовый конический однорядный	0,35
ГОСТ 8328-75	" радиальный однорядный	0,36
ГОСТ 7634-75	" " двухрядный	0,40

При установке в опоре нескольких подшипников относительное рассеяние  $\psi$  равно сумме значений  $\psi_0$  каждого из подшипников.

Таблица 4.1

## 5.3.7. Определение собственной частоты шпинделя.

Приближенный расчет собственной частоты шпинделя

/см. рис.3.1/, не имеющего больших сосредоточенных масс, можно определить по формуле [24], с<sup>-1</sup>:

$$\omega_c = \nu \sqrt{\frac{E J_1}{m(1+\lambda)^3 a_2}},$$

где  $\nu = f(\lambda)$  - коэффициент, который для  $\lambda = 2,5; 3,5$  лежит в пределах 2,3...2,4;  $m$  - масса шпинделя, кг;  $\lambda = \frac{L}{a_2}$  - относительное расстояние между осями.

При вычерчивании конструкции ЧУ рекомендуется пользоваться методикой, изложенной в [22; 24; 26], а при расчетах на ЭВМ - в [21; 30].

## Часть В. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

## Контрольная работа № 4

Цель работы - освоить код и систему кодирования, применяемую в ЧПУ металлорежущих станков, получить практические навыки при ручном составлении управляющих программ /УП/ для одного типа станка с устройством числового программного управления /ЧПУ/, а также изучить классификация устройств систем ЧПУ, исполнительных и следящих приво-дов и ЧПУ с дополнительными источниками информации и их элементов на уровне функциональных и структурных схем и алгоритмов их работы.

## 4.1. Содержание работы

Контрольная работа включает в себя ответы на два вопроса и раз-работку УП. Номера вариантов вопросов, чертёж обрабатываемой детали и тип станка, на котором производится обработка, определят по табл.4.1. Вопросы и рекомендуемая литература приведены в табл.4.2. Чертежи обра-батываемых деталей для разработки УП показаны на рис.4.1 - 4.4, а не-обходимые разрезы даны в табл.4.3 /варианты данных в рас.4.1 - 4.3/ и в табл.4.4 /к рис.4.4/.

Номер рисунка	Послед-няя цифра шпинделя	Начальные буквы фамилии									
		А, Д, К	Б, М, Ц	В, Н, Ч	Г, О, Ш	Д, П, Щ	Е, Р, Ъ	Ж, С, Ы	З, Т, Я	И, У	К, Ф
Токарно-центровые и патронные станки											
4.1	1	1 29	2 30	3 31	4 32	5 33	6 34	7 35	8 36	9 37	10 38
	2	11 39	12 40	13 41	14 42	15 43	16 44	17 45	18 46	19 47	20 48
4.2	3	АТП-М120Н с пультом И22-ИМ [48; 37]									
	4	3 49	4 44	5 45	6 42	7 47	8 40	9 39	10 38	11 37	12 36
4.3	5	13 35	14 34	15 33	16 32	17 31	18 30	19 29	20 45	21 44	22 29
	6	23 30	24 31	25 32	26 33	27 34	28 35	29 36	1 37	2 38	3 39
4.4	7	мод. МА-66303 [45] и др.									
	8	5 40	6 41	7 42	8 43	9 44	10 29	11 30	12 31	13 32	14 33
4.4	9	Сверлильные станки									
	0	15 34	16 35	17 36	18 37	19 38	20 39	21 40	22 41	23 42	24 43
4.4	9	мод. 2P13503, КС12-500 и др. [37; 48]									
	0	25 44	26 43	27 42	28 41	1 40	2 39	3 40	4 41	5 42	6 43
4.4	0	7 44	8 29	9 30	10 31	11 32	12 33	13 34	14 35	15 36	16 37

Примечание. Первая цифра указывает номер первого вопроса /табл.4.2/ и номер варианта данных для составления УП /табл.4.3 и 4.4/, вторая цифра - номер второго вопроса /табл.4.2/.

№ п/п	Вопрос
1	Классификация систем СУ, обозначение моделей станков, функций, функциональные возможности микропроцессорных устройств в ЧПУ [40; 41]
2	Логические Булевы функции, их обозначение и реализация [32; 43; 46; 49]
3	Триггеры с раздельными и со счетными входами [32; 43; 46; 49]
4	Дешифраторы /прямоугольные, пирамидальные, ступенчатые/ и шифраторы [32; 43; 46; 49]
5	Счетчики суммирующие и вычитающие [32; 43; 46; 49]
6	Сумматоры: комбинационные /сложившие на два 10-2 и три входа 00-3 и параллельный сумматор на 00-2 со сложным переносом/ и вычитающие [32; 43; 46; 49]
7	Регистры преобразования прямого кода в обратный, параллельного в последовательный и наоборот [31; 43; 46]
8	Сдвигающие регистры /их работа и использование при преобразовании десяти-двоичного кода в двоичный и при умножении/ [31; 39; 43; 46]
9	Области применения ЛПЧ. Типы сигналов, их назначения в построении [39; 50]
10	Компьютеры со итеративными циклами, способы задания программ и преобразователи циклов с различными методами реализации циклов, их блок-схемы /микропроцессоры и программируемые контроллеры/ [39; 50]
11	Системы автоматизации программирования /САП/ обработки на станках с ЧПУ. Классификация. Схема преобразования информации [47]
12	Вращающиеся трансформаторы, принцип их работы и мобилизация [34; 39]
13	Адаптация, их конструкция и технические параметры. Редукторы, принцип действия, конструкция и технические параметры [39; 34; 35]

1	2
14	Средства измерения составляющих оги резания [39]
15	Классификация приводов станков с ЧПУ и их блок-схемы. Требования, предъявляемые к приводам [34; 39]
16	Конструкция, принцип работы и механические характеристики электродвигателей асинхронных и постоянного тока, которые применяются в приводах станков с ЧПУ [39]
17	Принцип действия и блок-схема фазового преобразователя [33; 34; 42]
18	Принцип действия и схема фазового дискриминатора [33; 34; 42]
19	Принцип действия цифровых аналоговых преобразователей трансформаторного типа [33; 42]. Принцип действия и блок-схема синхронизатора импульсов [34]
20	Устройство линейного интерполатора на умножителях "Контур 2ПЧ-71" [33; 34; 39; 40]
21	Линейные и круговые интерполаторы с оценочной функцией, алгоритмы их реализации и блок-схемы [34; 40]
22	Линейно-круговые интерполаторы с оценочной функцией с алгоритмами, обеспечивающими двойные шаги [39]
23	Алгоритмы оценочной функции при круговой интерполяции на токарных станках с разными дискретными по координатам [39]
24	Алгоритмы формирования при использовании метода выпукло-симметричной оценочной функции в системах ЧПУ-ЭВМ [39]
25	Алгоритм работы круговых интерполаторов с оценочной функцией в пультах с ЭВМ [39]
26	Особенности интерполаторов, построенных на основе цифровых дифференциальных анализаторов /ЦДА/, блок-схема кругового интерполатора на ЦДА [33; 35; 40]. Алгоритм работы трехкоординатного интерполатора с оценочной функцией и построения на ЦДА [40]
27	Принцип работы валовых шкивов. Функциональная схема двенадцатизубчатого кольцевого коммутатора и ЦД-5ДН [39]
28	Конструкции и принцип работы высококомментных - силовых ЦД и линейных [39; 40]

Окончание табл.4.2

Таблица 4.3

№ п/п	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$\frac{R_1}{R_1}$	$\frac{R_2}{R_2}$	$\frac{R_3}{R_3}$	$\frac{R_4}{R_4}$	
29	Принципы работы тиристорных преобразователей. Устройство преобразователя реверсивно-вентильного типа [33; 39]										
30	1	30	40	45	40	55	50	100	80	60	40
30	2	40	20	50	50	65	40	110	90	60	35
31	3	35	35	45	45	50	30	120	85	55	35
31	4	40	30	40	55	60	20	130	95	60	40
32	5	45	20	35	55	75	40	140	80	45	30
32	6	40	40	35	50	60	40	90	70	40	25
32	7	30	30	30	40	55	40	80	70	45	30
33	8	35	30	20	40	50	30	95	75	35	25
34	9	30	45	25	35	45	20	115	65	45	30
34	10	50	30	40	60	80	30	125	65	40	25
35	11	40	25	30	50	65	20	95	60	50	30
36	12	35	30	25	50	60	30	99	60	40	20
36	13	50	35	20	60	75	30	115	75	40	25
36	14	40	30	25	50	75	30	90	80	55	40
37	15	30	40	20	40	55	20	95	70	50	45
37	16	35	45	20	50	60	20	95	65	50	40
38	17	40	35	35	50	70	20	115	95	60	40
38	18	35	30	30	40	65	30	90	70	50	30
39	19	40	25	30	50	80	30	95	65	45	30
39	20	35	30	20	45	65	30	110	100	45	35
40	21	30	40	30	40	65	25	90	60	45	30
40	22	40	20	35	50	65	25	95	65	60	40
40	23	35	20	35	45	70	25	110	90	55	40
41	24	30	50	25	40	75	30	115	85	45	35
41	25	40	25	30	50	60	30	100	80	45	30
42	26	30	30	30	45	75	20	95	70	50	35
42	27	40	35	35	50	80	30	90	80	45	30
43	28	30	25	25	40	65	30	80	70	40	25
43	Устройства САУ. Архитектура, функциональные схемы микропроцессоров, микроЭВМ, мини-ЭВМ, применяемых в ЧПУ [33; 35; 39; 41]										
44	Применение мини-ЭВМ, микропроцессоров и микропроцессорных устройств в ЧПУ [33; 35; 39; 41]										

Таблица 4.4

$\frac{h}{D}$	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	$D_5$	$D_6$	$\delta$	$A_2$	$A_3$	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$	$l_5$	$l_6$	$H_1$	$H_2$
1	12	18		30	20			16	16	95	75	65	50		60		80	80	10	7
2	18		24	24	18	20			20	80	60	70	20	40	50		90	90	15	60
3	14	18				18	20		20	60	50	75	45	45	75	5		50		50
4		14	20			20	25	25			70		85		25		70			75
5	16		14	25	14					30	70				70		75	80	12	4
6		20	20			20	20	15							30		75			25
7	18		18			20	25	20	20				40	40	60		70			25
8		20	20	30	20						95	75					65	65	14	40
9	12		14			20	20	15	22	90	60	60	35	40	70			50		45
10	16	16		22	16			16		45	50			60	40	70	60		15	5
11		18	18			20	20	15	22	55	70	25	35	75	60		60			35
12		12	12			16	18	20	14	90	95	45	50		50		70			40
13	14		14	24	17	18	20			40	80		40	90		80	70		10	55
14		16	16			20	18	18	12	70	75	50		60			70			50
15	18	18		28	20			20	16	90	80	65	30		65	40	90	80	15	55
16		20	20			16	22	18	14	80	65	60	40		70		60			45
17	20		20	18	12			16	14	90	75	95	30	40	85	45	90	60	20	60
18	20	20		24	18			18	18	80	60	70	60		95	50	60	60	8	35
19		22	22			16	10	22		80			20		40		60			25
20	22		20	20	14	14	18		14	95	90	60	55	30	75		90	90	12	30
21	22	20		22	16			24	16	80	45	95	30		80	25	95	60	14	40
22		20	24	30	20			20	16	40	90	50			80	80	95		15	35
23	20	24		24	15			16	18	90	65	85	30	25	60	70	70	90	12	40
24	24	20		20	16			14	20	90	50	90	30		40	60	95	60	10	45
25	22	20		22	10			20	14	60	30	60	30		80	60	90	80	20	60
26	18		20			16	20	25	12	60	65	50	25		90		60			40
27	20		24			15	25	20	14	70	50	60	85		20		70			50
28	20		24			15	30	25	16	85	70	50	40		20		75			60

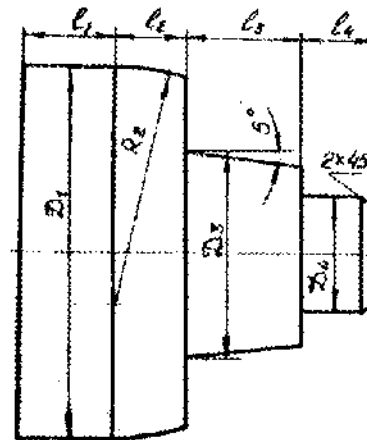


Fig. 4.1

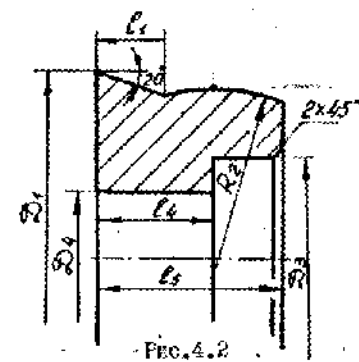


Fig. 4.2

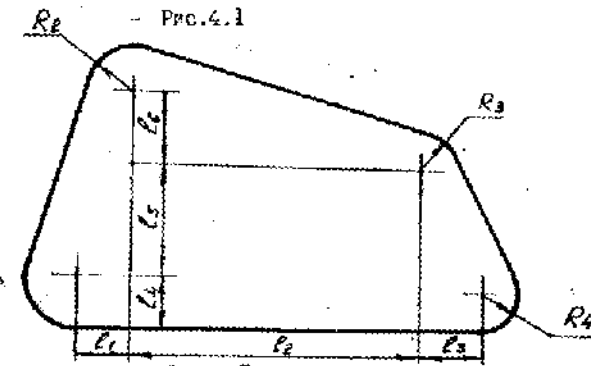


Fig. 4.3

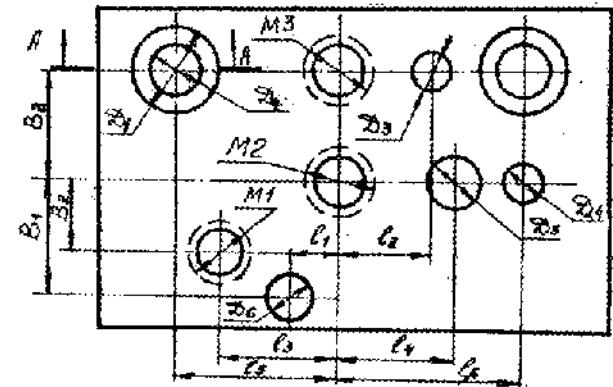
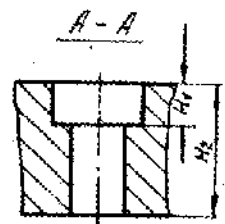


Fig. 4.4



## 4.2. Порядок выполнения контрольного задания

1. На первом листе записывает все вопросы и выполняет чертеж детали для составления УП.
2. Ответы на вопросы должны занимать 5-6 страниц и включать в себя функциональные и структурные схемы.
3. УП разрабатывается составляется для единичного станка, на который имеется инструкция по составлению программы, но при этом должны быть следующие данные:  
Тип пульта. Символ программы управляемых фразы /кедр/. Список команд подготовительных  $G$  и вспомогательных функций  $M$  и адреса. Указать особенности их назначения, если они отличаются от рекомендаций ГОСТ 20989-76 или если они по ГОСТу относятся к категории неопределенных или поставлено неопределенных и значение их оговаривается в инструкции станка. Применяемая интерполяция. Количество одноосевых управляемых координат при линейной и круговой интерполяции. Способ задания программ /в приращениях или в абсолютных значениях/. Дискретность системы по осям  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ . Количество коррекций по длине и диаметру инструмента. Система кодирования скоростей главного движения и подачи.

## Программирование

На основании чертежа программируемой детали спланировать и описать.

1. В соответствующем масштабе вычерчивают деталь, а обрабатываемые поверхности ее вычерчивают основными линиями.
2. На чертеже наносят центр системы координат /у станка токарной группы его обычно располагают на оси шпинделя в плоскости переднего торца патрона/. Проставляют размеры от осей координат станка до центра детали или базового элемента детали, который может быть ось отверстия или боковая сторона детали.
3. На чертеже замечают исходную /конечную/ точку  $O$  радиальной вершины режущей прямой резаца или координаты центра  $O_0$  инструментальных элементов токарных станков или ось фрезы, сверла сверлильно-фрезерных станков.
4. Проставляют размеры от центра координат до исходной точки  $O$  или  $O_0$ .  
Дополнительными линиями вычерчивают траектории ползуна и отсечка инструмента и детали и от нее, симметрично, по которой вычерчивают центр инструмента, и определяют направление вращения шпинделя станка /детали/.

20

6. Цифровывает номера осевым точкам в соответствии с последовательностью обработки /эскизистанта и профиль обрабатываемого контура детали состоит из отдельных геометрических элементов: прямых, дуг окружностей, кривых второго и высшего порядка. Переход от одного элемента к другому обозначают на чертеже точкой, которые называют опорными, узловыми или расчетными точками/.

7. Выполняют необходимые геометрические расчеты по определению координат опорных точек. Расчеты должны сопоставляться соответствующими рисунками. Для круговой интерполяции координаты опорных точек дуговых участков описываются в местной системе координат, центр которой совпадает с центром дуги окружности, в ось направлена параллельно осям системы координат станка. На рис.4.2 вышлале определяют точки пересечения конической поверхности с  $R_2$ , затем находят центр  $P_2$ , переходную точку на одного крайнего и точку на торце детали.

8. Размеры и цены детали должны соответствовать принятой в УЧПУ системе задания размеров в абсолютных значениях или приращениях, которые заносит в табл.4.5, стр.2, 3, 5 и 6.

Таблица 4.6

Номер опорной точки	Координата X			Координата Z			Корректор	Режимы резания			
	$\Delta X$			$\Delta Z$				Подача		Скорость	
	мм	мм	диск.	мм	мм	диск.		мм/об	мм	м/мин	об/мин
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

## Технологические данные для составления УП

1. Вычисляет и записывает координаты перемещения в дискретах /табл.4.6, стр.4 и 7/.
2. Выбирает необходимый режущий инструмент и записывает его код в табл.4.6.
3. За каждым инструментом закрепляет корректоры, номера их записывает в табл.4.6. Величины коррекции, обеспечивающие компенсации неточности установки инструмента, изменение его диаметра выписывает на пульте УЧПУ.
4. В табл.4.5 записывает режимы резания, определенные по справочнику [44] или другим и уточненные по станку.
5. Записывает блок управляющей программы обработки детали /табл.4.7/. Первый кадр - начало программы  $\$$  и  $LF$ . Затем записывает

соответственно номер фразы и круга на команды в последовательности, рекомендованной ГОСТом.

6. Кодом записывает /печатает называя/ на бумаге три первые и последние фразы /кадры/ программы.

Таблица 4.6

№ п/п	Инструмент	Размеры, мм		Код инструмента	Номер корректора
		Диаметр	Длина		
1	2	3	4	5	6

Таблица 4.7

Номер опорной точки	Номер фразы	Содержание фразы	Примечание
1	2	3	4

#### ЛИТЕРАТУРА

##### К контрольной работе № 1

1. Батов В.И. Токарные автоматы и полуавтоматы. - М. : Машиностроение, 1982.
2. Кедринский В.И., Писменик Ю.И. Станки для обработки конических зубчатых колес. - М. : Машиностроение, 1988.
3. Кучар И.М. Металлорежущие станки. - М.; И. : Машиностроение, 1971.
4. Лоскутов В.В., Ничков А.Г. Зубообрабатывающие станки. - М. : Машиностроение, 1978.
5. Ничков А.Г. Резьбопильные станки. - М. : Машиностроение, 1979.
6. Оганян А.А. и др. Справочник по настройке токарных и токарно-револьверных автоматов. - М. : Машиностроения, 1983.
7. Металлорежущие станки. Т. 1, 2 / Под ред. И.С.Ачеркава. - М. : Машиностроение, 1985.
8. Рескин А.А. Звездочные станки. - М. : Машиностроение, 1976.
9. Тенишвилиев В.К. и др. Металлорежущие станки. - М. : Машиностроения, 1982.

10. Фомин С.Ф. Настройка одношпиндельных токарных автоматов. - М. : Машина, 1976.

##### К контрольной работе № 2

11. Ачеркан И.С. и др. Металлорежущие станки. Т. 1, 2. - М. : Машиностроение, 1985.
12. Методические указания по курсу "Металлорежущие станки" для студентов специальности "Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты". Ч. 2. Проектирование приводов станков. /Сост. И.Г.Федоренко. - Киев: КИИ, 1986.
13. ГОСТы отапливания. Группа Р-51.
14. Лубеняц Л.Г., Кузнецов Ю.В. Расчет и конструирование станков / Конспект лекции. - Киев : КИИ, 1977.
15. Методические указания к выполнению курсового проекта по курсу "Металлорежущие станки" / Сост. М.Н.Кузнецов. - Киев : КИИ, 1980.
16. Методические указания к выполнению дипломных проектов по металлорежущим станкам / Сост. М.Л.Орлик, В.А.Федоренко, И.Г.Федоренко, В.И.Швакин. - Киев : КИИ, 1979.
17. Металлорежущие станки : Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э.Пула. - М. : Машиностроение, 1986. - 256 с.
18. Проини Б.А., Равков Г.А. Бесступенчатые илвременнонные и фрикционные передачи /вариаторы/, -3-е изд., перераб. и доп. - М. : Машиностроение, 1980.
19. Пуш В.Э. Конструктивные металлорежущих станков. - М. : Машиностроения, 1977.
20. Орлик М.Л., Федоренко И.Г., Швакин В.И. Металлорежущие станки. Курсовое и дипломное проектирование : Учеб. пособие. - К. : Вища шк. Головное изд-во, 1987. - 162 с.

##### К контрольной работе № 3

21. Бобров А.И., Перленок В.Г. Автоматизированные фрезерные станки для объемной обработки. - Л. : Машиностроение, 1979. - 291 с.
22. Детали и механизмы металлорежущих станков. Т. 2 / Под ред. Д.Н.Решетова. - М. : Машиностроение, 1972. - 520 с.
23. Лизогуб В.А. Конструирование и расчет винтовых узлов на опорах качения. - Станки и инструмент. - 1982. - № 5.-С. 16-20.
24. Металлорежущие станки : Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Э.Пула. - М. : Машиностроение, 1986. - 256 с.

25. Орликос М.А., Федоренко И.Г., Цашкин В.И. Металлорежущие станки. Курсовое и дипломное проектирование : Учеб. пособие. - К. : Вища шк., 1987. - 152 с.
26. Нерель Л.Я. Подшипники качения. Расчет, проектирование и обслуживание опор : Справочник. - М. : Машиностроение, 1983. - 548 с.
27. Подшипники качения : Справочник-каталог / Под ред. В.И.Нарышкина и В.В.Корсакинского. - М. : Машиностроение, 1984. - 500 с.
28. Попов В.И., Лодтев В.И. Динамика станков. - К. : Техніка, 1975. - 136 с.
29. Станки с числовым программным управлением /специализированная/ / Под ред. В.А.Лешенко. - М. : Машиностроение, 1979. - 592 с.
30. Методические указания по применению ЭВМ в курсовом и дипломном проектировании металлорежущих станков / Сост. В.В.Турба. - Киев : КИИ, 1985. - 20 с.
- К контрольной работе № 4
31. Газунов Ю.А., Банилов Е.И. Принципы построения цифровых вычислительных машин. - К. : Техніка, 1972.
32. Гивоне Д., Росир Р. Микропроцессоры и микрокомпьютеры : Вводный курс / Пер. с англ. - М. : Мир, 1983. - 463 с.; ил.
33. Киселев В.М. Фазовые системы числового программного управления. - М. : Машиностроение, 1976. - 362 с.; ил.
34. Михеев М.В., Сосонкин В.Л. Системы автоматического управления станками. - М. : Машиностроение, 1976. - 284 с.; ил.
35. Металлорежущие станки / Под ред. В.З.Пуша. - М. : Машиностроение, 1985. - 256 с.; ил.
36. Металлорежущие станки и автоматы : Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. А.С.Проникова. - М. : Машиностроение, 1981. - 479 с.; ил.
37. Молчанов Г.Н. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ. - М. : Машиностроение, 1979.
38. Никитенко В.Д. Подготовка программы для станков с числовым программным управлением. - М. : Машиностроение, 1975. - 240 с.
39. Сосонкин В.Л. и др. Программное управление станками : Учебник для машиностроительных вузов / Под ред. В.Л.Сосонкина. - М. : Машиностроение, 1981. - 348 с.; ил.
40. Ратнаров В.А. Основы программного управления станками. - М. : Машиностроение, 1978. - 240 с.; ил.

41. Сосонкин В.Л. Микропроцессорные системы числового программного управления станками. - М. : Машиностроение, 1985. - 268 с.; ил.
42. Станки с числовым программным управлением /специализированные/ / Под ред. В.А.Лешенко. - М. : Машиностроение, 1979. - 592 с.; ил.
43. Справочник по цифровой вычислительной технике / Под ред. Б.Н.Малиновского. - К. : Техніка, 1974. - 512 с.; ил.
44. Станки с программным управлением : Справочник / Г.А.Монахов и др. - М. : Машиностроение, 1975. - 288 с.; ил.
45. Судоплатов И.П. Обработка деталей на станках с ЧПУ. - М. : Машиностроение, 1976. - 102 с.; ил.
46. Самофалов К.Г., Корнябчук В.И., Тарасенко В.И. Цифровые электронно-вычислительные машины. - К. : Вища шк., 1983. - 466 с.; ил.
47. Методические указания к лабораторным работам по курсу "Станки с программным управлением" /Использование ЭВМ для составления управляющих программ к станкам с ЧПУ/ /Сост. В.И.Гоманов. - Киев : КИИ, 1980. - 44 с.; ил.
48. Методические указания к лабораторным работам "Составление управляющих программ к станкам с ЧПУ" по дисциплине "Станки с программным управлением". - Киев : КИИ, 1984. - 64 с.; ил.
49. Методические указания к лабораторным работам "Элементы и устройства систем автоматизации металлорежущих станков" по дисциплине "Станки с программным управлением" / Сост. В.И.Гоманов. - Киев : КИИ, 1984. - 37 с.; ил.
50. Срибнер Л.А. Программируемые устройства автоматизации. - К. : Техніка, 1983.