



***В.И. Вешкурцев, Д.Г. Мирошин***

**Практикум  
по дисциплине  
«Оборудование отрасли»**

Екатеринбург

2012

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
Российский государственный профессионально-педагогический  
университет  
Уральское отделение Российской академии образования  
Академия профессионального образования

***В.И. Вешкурцев, Д.Г. Мирошин***

Практикум  
по дисциплине «Оборудование отрасли»

Учебное пособие

*Допущено Учебно-методическим объединением  
по профессионально-педагогическому образованию  
в качестве учебного пособия для студентов  
высших и средних учебных заведений,  
обучающихся по специальности 030500.08 Профессиональное обучение  
(Машиностроение и технологическое оборудование)  
и 0308 Профессиональное обучение (Машиностроение)*

Екатеринбург 2012

УДК 621.9.06 (975.8)

ББК К63-52 Я 73-1

В 40

**Вешкурцев В.И., Мирошин Д.Г.** Практикум по дисциплине «Оборудование отрасли». Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2012. 60 с.

Практикум содержит задания для практических работ и методические указания по их выполнению, приведены теоретические сведения и список рекомендуемой литературы.

Издание адресовано студентам вузов и колледжей, обучающимся по специальности 050501.65 Профессиональное обучение (машиностроение и технологическое оборудование).

Рецензенты: д-р. техн. наук, проф., В.С. Паршин (Уральский федеральный университет им. Первого Президента России Б.Н. Ельцина); д-р. техн. наук, проф., В.В. Каржавин (Российский государственный профессионально-педагогический университет)

© Российский государственный  
профессионально-педагогический  
университет, 2012

© Вешкурцев В.И., Мирошин Д.Г., 2012

## *Содержание*

Введение.....	4
Практическое занятие 1. Анализ методов обработки поверхностей деталей машин на металлорежущих станках.....	5
Практическое занятие 2. Построение и анализ структурных сеток и графиков частот вращения .....	7
Практическое занятие 3. Расчет чисел зубьев колес коробок скоростей прямым способом.....	11
Практическое занятие 4. Расчет настройки делительных головок на простое и дифференциальное деление.....	16
Практическое занятие 5. Расчет параметров настройки универсальных делительных головок на фрезерование спиральных поверхностей.....	19
Практическое занятие 6. Расчет передаточного отношения и чисел зубьев гитары сменных колес .....	21
Практическое занятие 7. Расчет модуля рейки для получения заданной величины подачи.....	25
Практическое занятие 8. Расчет величины смещения задней бабки для обработки конуса на токарном станке.....	27
Практическое занятие 9. Расчет параметров настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом.....	29
Практическое занятие 10. Расчет параметров настройки резьбофрезерного станка на фрезерование резьбы дисковой фрезой.....	33
Практическое занятие 11 Расчет параметров настройки зубофрезерного станка на обработку прямозубых и косозубых колес.....	37

Практическое занятие 12. Расчет параметров настройки токарно-затыловочного станка на затылование червячной фрезы.....	41
Практическое занятие 13. Расчет кулисного привода.....	45
Заключение.....	50
Список рекомендуемой литературы.....	51

## **Введение**

Практикум по дисциплине «Оборудование отрасли» ориентирован на формирование практических умений и навыков по анализу кинематики, конструкции, расчету параметров настройки металлорежущих станков различных групп. Практикум позволяет систематизировать знания студентов по разделам дисциплины и способствует активизации познавательной деятельности студентов в процессе выполнения практических заданий.

Каждое практическое занятие содержит варианты заданий, краткие теоретические сведения и методические указания, необходимые для решения поставленных задач.

Вариант задания выбирается каждым студентом в соответствии с порядковым номером, приведенным в журнале, или указывается преподавателем.

По каждому практическому занятию выполняется отчет на листах формата А4. Отчеты по практическим занятиям сшиваются в альбом, к которому прилагается титульный лист, выполненный по форме, приведенной в прил. А, и лист содержания, приведенный в прил. Б. Нумерация страниц в альбоме сквозная.

**Практическое занятие 1**  
**АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТЕЙ**  
**ДЕТАЛЕЙ МАШИН НА МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКАХ**

*Задание.* Для поверхностей, заданных в исходных данных, обозначить на эскизе направляющую и образующую линии, определить обратимость поверхностей, предложить метод образования поверхностей (копирование, след, обкат, касание), назвать металлорежущий станок, на котором выбранный метод может быть реализован.

*Исходные данные:*

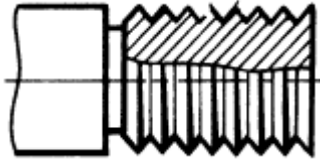
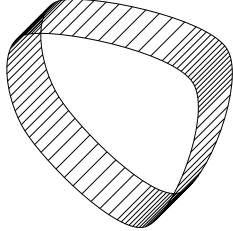
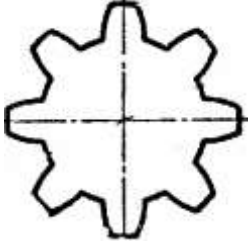
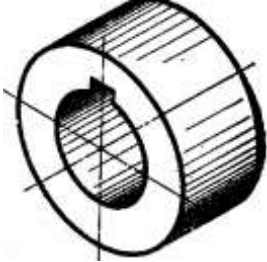
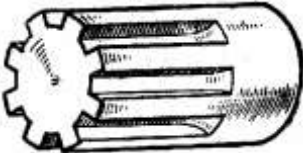
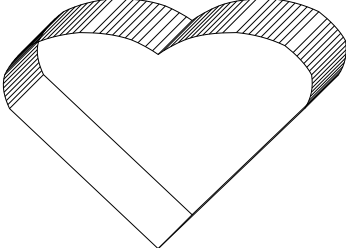
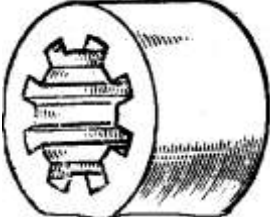
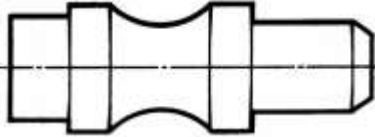
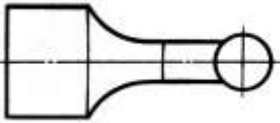
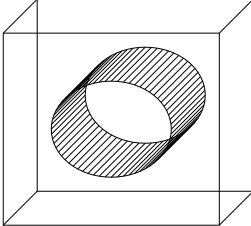

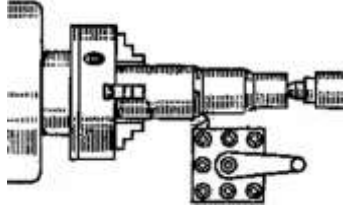
Виды обрабатываемых поверхностей; их наименования. Исходные данные для различных вариантов приведены в табл. 1.

*Теоретические сведения.* Поверхности деталей машин, обрабатываемые на металлорежущих станках, могут быть геометрически представлены как результат согласованного движения двух производящих линий: образующей и направляющей. При обработке перемещение образующей линии по направляющей, образующее требуемую поверхность, обеспечивается относительным движением заготовки и инструмента. В отдельных случаях роль образующей линии выполняет профиль режущей кромки инструмента. Поверхности детали, образованные определенным способом согласования линий, могут быть обратимые (плоские, цилиндрические) и необратимые (винтовая, коническая). При образовании обратимых поверхностей образующая и направляющая линии могут менять свои функции, а при образовании необратимых – нет. Производящая линия может быть получена одним из следующих методов:

1. Метод копирования (производящая линия представляет собой копию режущей кромки инструмента, которая перемещается в направлении движения подачи).

Таблица 1

## Исходные данные для анализа поверхностей

Варианты	Наименование	Вид поверхности	
1 2	Резьбовая поверхность, Наружный контур кулачка		
3 4	Зуб колеса Шпоночный паз		
5 6	Шлицевый вал Внутренний контур		
7 8	Шлицевое отверстие Фасонный профиль		
9 10	Фасонный профиль Отверстие		
11 12	Внутренний зуб колеса Поверхность ступенчатого вала.		



2. Метод обката (производящая линия получается как огибающая несколько положений режущей кромки инструмента при ее обкате по начальной окружности).

3. Метод следа (производящая линия получается в результате движения режущей точки вдоль заданной траектории, т е является следом от движения режущей точки).

4. Метод касания (производящая линия образуется как огибающая совокупность траекторий движения режущей точки). Отметим, что при методе следа контакт режущей кромки инструмента постоянный, а при методе касания – прерывистый.

## **Практическое занятие 2**

### **ПОСТРОЕНИЕ И АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ СЕТОК И ГРАФИКОВ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ**

*Задание.* По заданным исходным данным составить структурную формулу, изобразить кинематическую схему, построить структурную сетку, график частот вращения и проанализировать их с точки зрения оптимальности структуры коробки по заданным показателям: число передач в группе, их расположение, диапазон регулирования, пределы передаточных отношений.

*Исходные данные:*

$Z$  – число ступеней частот вращения шпинделя;  $n_{\min}$  – минимальная частота вращения шпинделя, об/мин;  $\varphi$  – знаменатель стандартного геометрического ряда частот вращения шпинделя.

Исходные данные для различных вариантов приведены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для построения структурной сетки  
и структурного графика

Вариант	Z	$\phi$	Структура
1	7	1,41	Простая
2	8	1,41	Простая
3	9	1,58	Сложенная
4	10	1,26	Простая
5	11	1,26	Простая
6	12	1,41	Простая
7	14	1,26	Простая
8	15	1,26	Простая
9	16	1,26	Простая
10	7	1,41	Простая
11	8	1,58	Сложенная
12	9	1,58	Сложенная
13	10	1,41	Простая
14	11	1,26	Простая
15	12	1,41	Простая
16	14	1,26	Простая
17	15	1,26	Простая
18	16	1,26	Простая
19	7	1,41	Простая
20	9	1,58	Сложенная
21	11	1,41	Простая
22	12	1,41	Простая
23	15	1,26	Простая
24	8	1,41	Простая

*Теоретические сведения.* Кинематическая схема станка представляет собой условное изображение взаимосвязанных отдельных механизмов, участвующих в передаче движений различным исполнительным органам. Передачи, связывающие вращение двух соседних валов, образуют группу (элементарную коробку) передач. Порядок чередования групп в передаче выражает структурная формула

$$Z_{\text{гр}} = Z_{x_1} \times Z_{x_2} \times \dots \times Z_{x_n},$$

где  $Z$  – число передач в группе;  $i$  – их передаточное отношение;  $x_1, x_2, x_n$  – кинематические характеристики групп передач.

Для кинематических расчетов коробок скоростей применяется графоаналитический метод.

Сущность графоаналитического метода состоит в условном изображении валов, их частот вращения, передач и их передаточных отношений в виде структурных сеток и графиков частот вращения.

Структурная сетка дает представление о количестве передач между валами, знаменателе и диапазоне регулирования элементарных коробок, последовательности включения передач для обеспечения ряда частот вращения шпинделя. Структурная сетка характеризует закономерности изменения передаточных отношений в групповых передачах при изменении частот вращения шпинделя по геометрическому ряду.

Показатели для анализа структурной сетки:

1) Симметричность и веерообразность расположения лучей. Симметричность структурной сетки может быть обеспечена в том случае, если произведение максимального и минимального передаточного отношения равно 1, т. е.

$$i_{\min} \cdot i_{\max} = 1.$$

2) Количество передач в группах, равное 2, 3 или 4:

$$Z_{гр} = 2, 3, 4.$$

3) Уменьшение количества передач в группах при приближении к шпинделю:

$$Z_{x0} > Z_{x1} > Z_{x2} \dots > Z_{xm}.$$

4) Увеличение характеристик переборных групп от основной к последней переборной:

$$X_0 < X_1 < \dots < X_m.$$

б) Диапазон регулирования

$$R = \varphi^{X_{пп} (Z_{пп} - 1)} \leq [R],$$

где  $X_{пп}$  – кинематическая характеристика последней переборной группы;  $Z_{пп}$  – число передач в последней переборной группе;  $[R] = 8$ .

График частот вращения является видоизмененной структурной сеткой и показывает действительные значения частных передаточных отношений передач и частот вращения валов. График частот вращения строится в соответствии с кинематической схемой привода и структурной сеткой. Анализ графика частот вращения производится по следующим условиям:

1) Наибольшая возможная частота вращения первичного вала.

2) Уменьшение передаточного отношения в группах по мере приближения к шпинделю.

3) Для ограничения размеров зубчатых колес и радиальных габаритов коробок скоростей нормами станкостроения установлены пределы передаточных отношений:

$$i_{\min} \geq 0,25, i_{\max} \leq 2,$$

что соответствует значению диапазона регулирования

$$[R] = \frac{i_{\max}}{i_{\min}} = \frac{2}{0,25} = 8.$$

Передаточные отношения, удовлетворяющие этому условию, возможны в том случае, если число полей между линиями, условно обозначающими передачи, при выбранном  $\varphi$  не превышает указанное в табл. 3

Таблица 3

Максимальное число полей, допускаемое для пересечения линиями передач на структурном графике

Передачи	Число интервалов (показатель степени $\varphi$ )				
	$\varphi = 1,12$	$\varphi = 1,26$	$\varphi = 1,41$	$\varphi = 1,58$	$\varphi = 1,76$
Понижающая	12	6	4	3	2
Повышающая	6	3	2	1	1

### Практическое занятие 3

#### РАСЧЕТ ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ КОЛЕС

#### КОРОБКИ СКОРОСТЕЙ ПРЯМЫМ СПОСОБОМ

*Задание.* По заданным исходным данным рассчитать числа зубьев колес коробки скоростей прямым способом.

*Исходные данные:*

$\varphi$  – знаменатель стандартного геометрического ряда частот вращения шпинделя;  $n_1$  – число оборотов первого вала коробки скоростей, об/мин;  $n_{\min}$  – минимальная частота вращения шпинделя, об/мин; структурная сетка и график частот вращения.

Знаменатель стандартного геометрического ряда частот вращения

шпинделя  $\varphi$ , структурная сетка и график частот вращения берутся по результатам выполнения практического занятия 2. Мощность электродвигателя и минимальное число оборотов шпинделя приведены в табл. 4.

Таблица 4

Исходные данные для расчета чисел зубьев колес коробки

Вариант	$n_1$ , об/мин	$n_{\min}$ , об/мин	Вариант	$n_1$ , об/мин	$n_{\min}$ , об/мин
1	700	63	13	2795	90
2	1400	90	14	1600	125
3	2450	40	15	2780	45
4	900	90	16	1600	63
5	2030	160	17	700	22
6	1250	25	18	1615	40
7	1600	63	19	1110	100
8	2880	90	20	2450	40
9	645	16	21	2760	63
10	550	50	22	1340	22
11	855	22	23	1600	50
12	2760	45	24	470	30

*Примечание:* Коробка проектируется в соответствии с графиком частот вращения, построенным на основе данных табл. 2.

*Теоретические сведения.* Расчёт чисел зубьев прямым способом может использоваться как основной метод получения чисел зубьев коробки скоростей станка, альтернативный методу наименьшего общего кратного. Выбор чисел зубьев ведущих зубчатых колес, передающих

полную мощность и, соответственно, наибольший крутящий момент ( $Z_1, Z_7, Z_{11}$  и т.д.), для каждой группы колес осуществляется произвольно с учетом того, что  $Z \geq 20$ . Затем на основе графика частот вращения, построенного по результатам практического занятия 2 определяются передаточные отношения каждой пары зубчатых колес (рис. 1).

На графике частот вращения зубчатые передачи представлены в виде лучей с разным наклоном, соединяющих узловые точки графика. Лучи с наклоном вверх (считая слева направо) изображают ускорительную передачу ( $i > 1$ ), а направленные вниз — замедляющую передачу ( $i < 1$ ). Горизонтально расположенные линии соответствуют передаточному отношению  $i = 1$ .

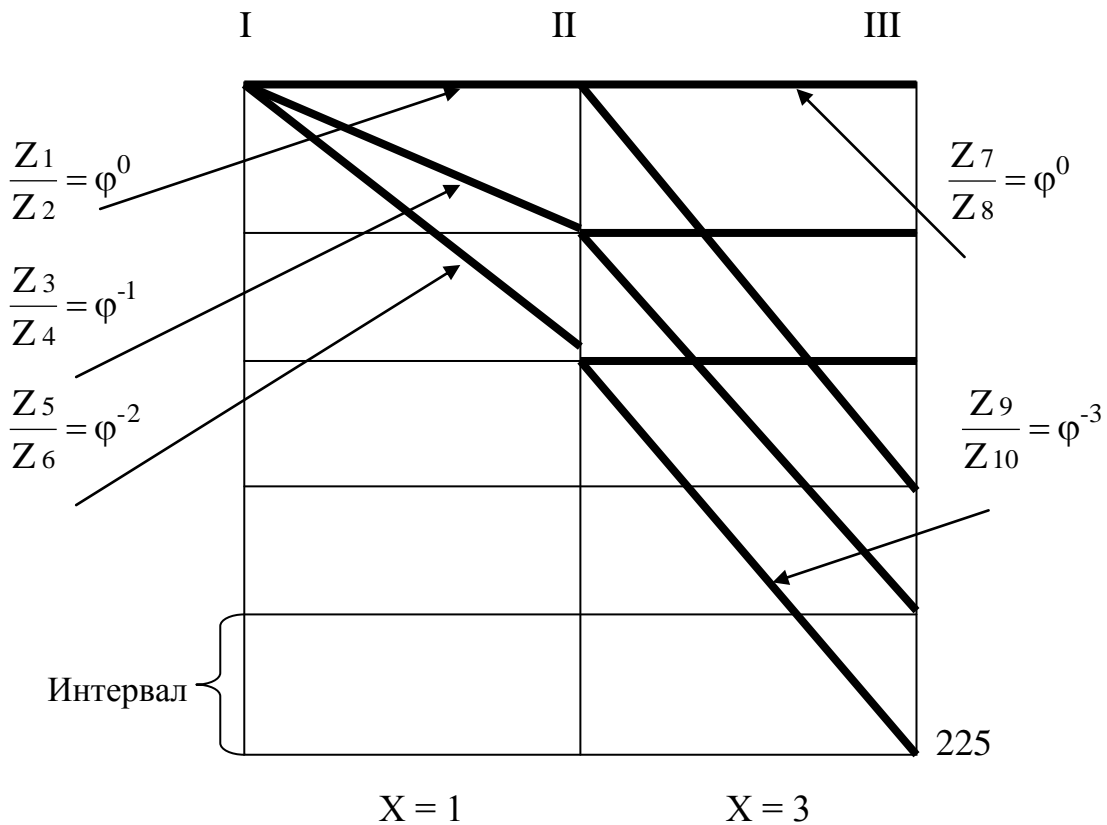


Рис. 1. График частот вращения:

I – первичный вал; II – промежуточный вал; III – шпиндель;  
 $Z$  – числа зубьев колес;  $X$  – кинематические характеристики групп колес;  
 $\varphi$  – знаменатель геометрического ряда ( $\varphi = 1,26$ )

Передаточные отношения для каждой пары зубчатых колес коробки определяют по графику частот вращения. Их выражают через знаменатель геометрического ряда  $\varphi$ :

$$i = \varphi^{\pm k},$$

где  $k$  – число интервалов между смежными валами, которые пересекает данный луч на графике частот вращения.

Знак «+» принимается для ускоряющей передачи, «-» – для замедляющей передачи; для горизонтальных лучей  $k = 0$ ,  $i = 1$ .

Принятое число зубьев ведущего колеса в группе и известные передаточные отношения являются основой расчета чисел зубьев прямым способом.

1) Рассчитаем числа зубьев основной группы колес.

Число зубьев ведущего зубчатого колеса основной группы, передающего наибольший вращающий момент, принимаем как  $Z_5 = 26$ .

Находим  $Z_6$ . Из графика частот вращения  $\frac{Z_5}{Z_6} = \frac{1}{\varphi^2}$ , отсюда  $Z_6 = Z_5 \times$

$$\times \varphi^2 = 26 \cdot 1,26^2 = 42; \text{ принимаем } Z_6 = 42.$$

Определяем  $Z_3$ . При постоянном модуле в пределах одной элементарной коробки  $Z_5 + Z_6 = Z_3 + Z_4 = 68$ , из графика частот вращения

$$\frac{Z_3}{Z_4} = \frac{1}{\varphi}, \text{ т.е. } Z_4 = Z_3 \cdot \varphi^1. \text{ Но } Z_5 + Z_6 = Z_3 + Z_4 = 68, \text{ следовательно, } Z_3 + Z_3 \times$$

$$\times \varphi^1 = 68. \text{ Подставляя } \varphi = 1,26, \text{ получаем } Z_3 \cdot (1 + \varphi^1) = 68 \text{ и } Z_3 = 30, \text{ тогда } Z_4 = 38$$

Рассчитываем  $Z_1$ . Из графика частот вращения  $\frac{Z_1}{Z_2} = \varphi^0$ , следова-

тельно,  $Z_1 = Z_2 = Z_3 + Z_4 = 68$ .



Тогда  $Z_2 = Z_1 \times \varphi^0 = 34$ ; следовательно,  $Z_1 = 34$

Таким образом,  $Z_1 + Z_2 = Z_3 + Z_4 = Z_6 + Z_5 = 26 + 42 = 30 + 38 = 34 + 34 = 68$ .

Числа зубьев основной группы колес рассчитаны правильно.

2) Рассчитаем числа зубьев переборной группы колес.

Число зубьев ведущего зубчатого колеса переборной группы, передающего наибольший вращающий момент, принимаем как  $Z_9 = 44$ .

Находим  $Z_{10}$ . Из графика частот вращения  $\frac{Z_9}{Z_{10}} = \frac{1}{\varphi^3}$ , отсюда  $Z_{10} =$

$Z_9 \cdot \varphi^3 = 44 \cdot 1,26^3 = 88$ ; принимаем  $Z_{10} = 88$ .

Рассчитываем  $Z_7$ . Из графика частот вращения  $\frac{Z_7}{Z_8} = \varphi^0$ ; следова-

тельно,  $Z_7 = Z_8 = Z_9 + Z_{10} = 132$ .

Тогда  $Z_7 = Z_8 \cdot \varphi^0 = 66$ , следовательно,  $Z_8 = 66$

Таким образом,  $Z_7 + Z_8 = Z_9 + Z_{10} = 66 + 66 = 44 + 88 = 132$ .

Числа зубьев переборной группы колес рассчитаны правильно.

3) Проверим отклонение фактических частот вращения шпинделя от заданных. Допустимое отклонение определяют по формуле

$$[\Delta n] = 10 \cdot (\varphi - 1)\%$$

Для  $\varphi = 1,26$  допустимое отклонение равно 2,6%.

4) Рассчитаем фактические частоты вращения шпинделя. Например, для рассматриваемого примера фактическая минимальная частота вращения шпинделя при заданном  $n_1 = 720$  об/мин рассчитывается как

$$n_{i\varphi} = 720 \cdot \frac{Z_5}{Z_6} \cdot \frac{Z_9}{Z_{10}} = 720 \cdot \frac{26}{42} \cdot \frac{44}{88} = 222 \text{ об/мин.}$$

Относительное отклонение ее от стандартной частоты вращения:

$$\Delta n_i = \frac{n_{i\phi} - n_i}{n_i} \cdot 100 = \frac{225 - 222}{225} = 0,01\% \leq [\Delta n] = 2,6\%.$$

Проверка выполняется для всех частот вращения. Если проверка не удалась, то кинематический расчет необходимо повторить, изменив исходные числа зубьев ведущих шестерен.

Проверка по условию свободного переключения блока производится для тройных блоков колес. В нашем случае числа зубьев колес тройного блока следующие:  $Z_1 = 26$ ;  $Z_3 = 30$ ;  $Z_5 = 34$ .

Условие проверки:  $Z_3 - Z_5 \geq 5$ .

В нашем случае  $Z_3 - Z_5 = 30 - 26 = 4 \leq 5$ .

Следовательно, необходимо увеличить  $Z_1$  и произвести расчет повторно, например, приняв  $Z_5 = 34$ :

$$Z_5 = 34, Z_6 = 54, Z_1 = Z_2 = 44, Z_3 = 39, Z_4 = 45.$$

Условие свободного переключения блока будет удовлетворено:

$$Z_5 - Z_3 = 5.$$

Числа зубьев колес переборной группы принимаем без изменений.

#### **Практическое занятие 4**

### **РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК НА ПРОСТОЕ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ДЕЛЕНИЕ**

*Задание.* Для настройки делительной головки на простое деление определить полное число оборотов рукоятки и величину доворота рукояткой; при дифференциальном делении определить полное число оборотов рукоятки и величину доворота, передаточное отношение зубчатых

колес гитары и их числа зубьев. Изобразить кинематическую схему гитары делительной головки, настроенной по исходным данным.

*Исходные данные:*

Z – число делений; N – характеристика делительной головки. Исходные данные приведены в табл. 5.

*Теоретические сведения.* Универсальные делительные головки применяют для настройки универсально-фрезерных станков на фрезерование равномерно распределенных по окружности соответствующих профилей (рис.2).

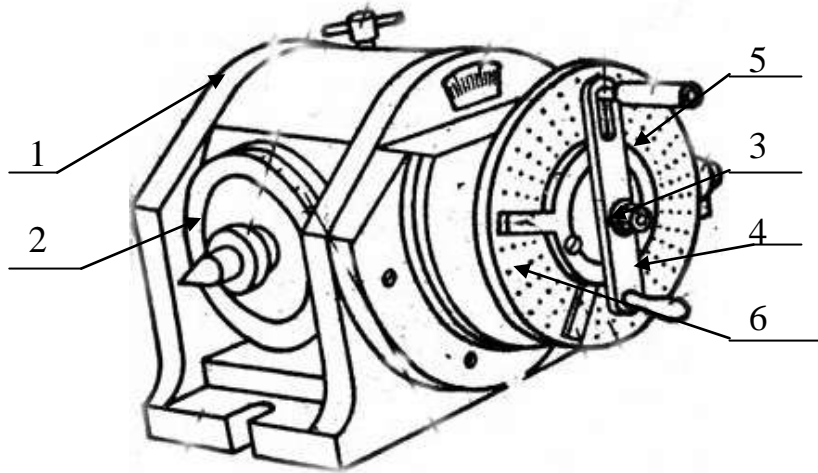


Рис. 2. Универсальная делительная головка

1 – корпус, 2 – шпиндель, 3 – делительный диск, 4 – рукоятка,  
5 – гитара сменных колес, 6 – раздвижной сектор.

Различают три способа настройки универсальных делительных головок: непосредственное деление, простое деление, дифференциальное деление.

Непосредственное деление применяется для деления заготовок на число частей, равное 2, 3, 4, 6, 8, 12 и 24, или кратное  $15^\circ$ . Отсчет угла поворота производят по лимбу, установленному на шпинделе.

Таблица 5

Исходные данные для расчета параметров настройки делительной головки на простое и дифференциальное деление.

Вариант	$Z_1$	$Z_2$	N
1	23	45	40
2	47	67	40
3	28	61	40
4	40	59	40
5	59	42	40
6	60	89	40
7	61	25	40
8	62	39	40
9	79	54	40
10	75	45	40
11	45	27	40
12	34	39	40
13	39	34	40
14	41	42	40
15	76	39	40
16	89	20	40
17	121	122	40
18	113	100	40
19	101	95	40
20	99	48	40
21	56	49	40
22	48	59	40
23	55	79	40
24	23	75	40

Простое деление применяется в том случае, когда передаточное отношение кинематической цепи «рукоятка – шпиндель» может быть записано в виде простой дроби. Делительный диск должен быть закреплен стопором. Число оборотов рукоятки  $X$  при простом делении определяется по формуле

$$X = \frac{N}{Z},$$

где  $Z$  – необходимое число делений,  $N$  – характеристика головки ( $N = 40$ ).

Полученную дробь нужно преобразовать так, чтобы знаменатель соответствовал числу отверстий на одной из окружностей делительного диска. Тогда числитель укажет число промежутков, которое нужно пропускать при делении.

Количество отверстий на окружностях делительного диска равняется 24, 25, 28, 30, 34, 37, 38, 39, 41, 42, 43, 46, 47, 49, 51, 53, 54, 57, 58, 62.

Дифференциальное деление применяют в том случае, если разделить окружность на заданное число частей методом простого деления невозможно. В этом случае вращение получает не только рукоятка, но и делительный диск от шпинделя через гитару сменных колес.

Передаточное отношение гитары определяется по формуле

$$i = \frac{40 \cdot (Z - Z_{\phi})}{Z_{\phi}},$$

где  $Z$  – требуемое число делений,  $Z_{\phi}$  – фиктивное число делений, ближайшее к требуемому.

Число оборотов рукоятки в этом случае определяется по формуле

$$X = N / Z_{\phi}.$$

Обороты рукоятки отсчитываются по делительному диску. Преобразование полученной дроби производится также, как при простом делении.

**Практическое занятие 5**  
**РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ УНИВЕРСАЛЬНОЙ**  
**ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ**  
**СПИРАЛЬНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ**

*Задание.* Рассчитать параметры настройки универсальной делительной головки на фрезерование спиральных поверхностей: угол поворота стола и передаточное число гитары сменных колес и числа их зубьев. Определить шаг спиральной канавки  $P$ , если заданы угол ее наклона  $\omega$  и диаметр  $d$ .

*Исходные данные*

$N$  – характеристика делительной головки,  $\omega$  – угол наклона спиральной канавки, град;  $d$  – диаметр детали, мм;  $P_{\text{хв}}$  – шаг ходового винта фрезерного станка, мм. Исходные данные приведены в табл. 6.

*Теоретические сведения.* При фрезеровании спиральных поверхностей дисковой фрезой заготовка движется вдоль своей оси вместе с делительной головкой, расположенной на столе универсально-фрезерного станка. Детали со шпинделем делительной головки сообщаются вращением от ходового винта станка через гитару сменных колес (рис.3).

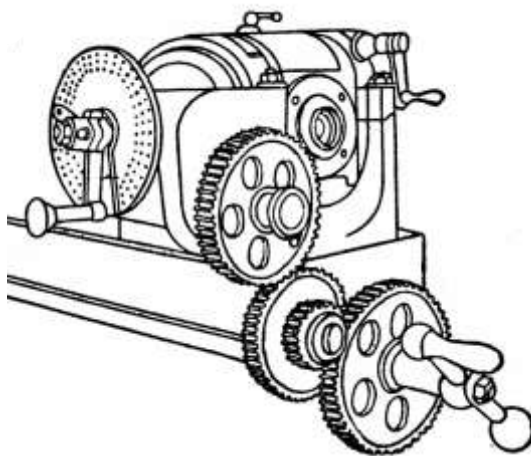


Рис.3. Настройка делительной головки на нарезание спиральных канавок

Таблица 6

Исходные данные для расчета параметров настройки делительной головки на нарезание спиральных канавок

Вариант	N	$\omega$ , град	d, мм	$P_{XB}$ , мм
1	40	2,50	20	2
2	40	2,34	25	3
3	40	2,38	30	4
4	40	1,65	35	5
5	40	1,89	40	6
6	40	1,96	45	2
7	40	1,78	50	3
8	40	2,00	55	4
9	40	2,03	60	5
10	40	3,00	20	6
11	40	4,56	25	2
12	40	2,45	30	3
13	40	2,50	35	4
14	40	2,34	40	5
15	40	2,38	45	6
16	40	1,65	50	2
17	40	1,89	55	3
18	40	1,96	60	4
19	40	1,78	25	5
20	40	2,00	30	6
21	40	2,03	35	4
22	40	3,00	40	6
23	40	4,56	45	4
24	40	2,45	50	2

Передаточное отношение гитары сменных колес определяется по формуле:

$$\frac{a}{b} \times \frac{c}{d} = \frac{P}{P_{ХВ}}$$

$$P = \pi \cdot d / \operatorname{tg} \omega,$$

где  $P$  – шаг нарезаемой винтовой канавки, мм.

### Практическое занятие 6

## РАСЧЕТ ПЕРЕДАТОЧНОГО ОТНОШЕНИЯ И ЧИСЕЛ ЗУБЬЕВ ГИТАРЫ СМЕННЫХ КОЛЕС

*Задание.* Для заданных в виде десятичной дроби передаточных отношений рассчитать числа зубьев двухпарной гитары сменных колес методом подбора, методом непрерывных дробей и методом Кнаппе. Определить относительную погрешность расчетного передаточного отношения.

*Исходные данные:*

$i_1$  – передаточное отношение для расчета методом подбора,  $i_2$  – для расчета методом непрерывных дробей,  $i_3$  – для расчета методом Кнаппе. Исходные данные приведены в табл. 7.

*Теоретические сведения.* Наборы сменных зубчатых колес, прилагаемые к металлорежущим станкам, содержат колеса с различными числами зубьев, в том числе колеса с простыми числами зубьев и колеса с числами зубьев, кратными простым.

Число зубьев сменных колес гитары равняется 20, 23, 24, 25, 30, 34, 40, 41, 43, 45, 47, 50, 55, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 74, 79, 80, 83, 85, 89, 92, 95, 97, 98, 100.



Таблица 7

Исходные данные для расчета чисел зубьев сменных колес методом подбора, непрерывных дробей и методом Кнаппе

Вариант	$i_1$	$i_2$	$i_3$
1	45 : 36	47 : 37	211 : 435
2	36 : 45	37 : 47	125 : 633
3	24 : 48	23 : 51	127 : 525
4	25 : 54	29 : 53	231 : 459
5	20 : 44	19 : 47	321 : 787
6	18 : 28	19 : 29	121 : 239
7	56 : 80	57 : 83	239 : 891
8	58 : 60	51 : 61	159 : 677
9	60 : 58	61 : 59	143 : 581
10	68 : 100	67 : 101	137 : 435
11	75 : 55	73 : 59	155 : 837
12	54 : 62	51 : 67	211 : 493
13	24 : 52	23 : 57	115 : 633
14	24 : 44	17 : 37	127 : 523
15	25 : 54	11 : 17	241 : 459
16	20 : 48	11 : 19	321 : 789
17	18 : 28	19 : 87	121 : 233
18	56 : 82	37 : 79	239 : 891
19	58 : 64	59 : 111	159 : 677
20	38 : 48	37 : 93	143 : 571
21	22 : 46	13 : 29	137 : 435
22	46 : 80	59 : 87	157 : 837
23	42 : 50	17 : 51	163 : 459
24	16 : 28	19 : 107	187 : 671

При подборе сменных зубчатых колес полученное передаточное отношение гитары сменных колес преобразуется таким образом, чтобы числитель и знаменатель дроби представляли собой числа, соответствующие набору чисел зубьев сменных колес гитары. Используют три метода подбора чисел зубьев сменных колес: метод непосредственного подбора, метод непрерывных дробей, метод Кнаппе.

1) Метод непосредственного подбора чисел зубьев.

Передаточное отношение представляет собой дробь, числитель и знаменатель которой есть целые числа. В этом случае числитель и знаменатель раскладываются на множители и полученные множители заменяются кратными им числами зубьев. Пример для  $i = 48 : 75$ :

$$\frac{48}{75} = \frac{24 \cdot 2}{15 \cdot 5}.$$

Введем дополнительные множители:

$$\frac{48}{75} = \frac{24 \cdot 2 \cdot 30}{15 \cdot 5 \cdot 3 \cdot 10} = \frac{24 \cdot 46}{45 \cdot 50}.$$

Таким образом, получаем следующие числа зубьев гитары сменных колес:

$$a = 24; b = 60; c = 45; d = 50.$$

2) Метод непрерывных дробей.

Применяется в том случае, если непосредственный подбор невозможен. Метод непрерывных дробей заключается в последовательном разложении заданной простой дроби передаточного отношения и последовательного отбрасывания второго слагаемого знаменателя. Пример для  $i = 37 : 47$ :

$$\frac{34}{47} = \frac{1}{1 + \frac{10}{37}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{3 + \frac{7}{10}}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{3 + \frac{1}{1 + \frac{3}{7}}}} = \frac{1}{1 + \frac{1}{3 + \frac{1}{1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{3}}}}} .$$

Отбрасывая последовательно второе слагаемое, в знаменателе можно получить ряд дробей, близких к передаточному отношению. Чем меньше отброшено слагаемых, тем меньше погрешность передаточного отношения. Отбросив  $\frac{1}{3}$ , получим дробь  $\frac{11}{14}$ , отбросив  $\frac{1}{2 + \frac{1}{3}}$ , получим дробь  $\frac{4}{5}$  и т.д.

Полученная дробь позволяет подобрать сменные колеса из набора способом непосредственного подбора.

### 3) Метод Кнаппе.

Дробь, выражающая передаточное отношение, превращается в произведение двух дробей, из которых первая – близкая к заданной, с небольшими числами в числителе и знаменателе, а вторая – близкая к единице. Тогда вторую дробь можно изменять, прибавляя или вычитая из числителя и знаменателя одинаковые числа до тех пор, пока числитель и знаменатель не будут разлагаться на первоначальные множители. Пример для передаточного отношения 211 : 635:

$$\frac{211}{635} = \frac{1 \cdot 633}{3 \cdot 635} = \frac{1 \cdot 630}{3 \cdot 632} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7}{3 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 79} = \frac{3 \cdot 35}{4 \cdot 79}$$

Метод непрерывных дробей и метод Кнаппе являются приближенными методами подбора чисел зубьев сменных колес. Погрешность подбора можно оценить по фактическому  $I_{\text{Факт}}$  и расчетному  $I_{\text{Расч}}$  передаточным отношениям по формуле

$$\delta = |(I_{\text{Факт}} - I_{\text{Расч}}) / I_{\text{Факт}}| \cdot 100\% \leq [\delta] = 0,1 \%,$$

где  $[\delta]$  – допускаемая погрешность передаточного отношения.

Подобранные числа зубьев сменных зубчатых колес должны удовлетворять условию зацепляемости:

$$a + b \geq c + (15 \dots 20); \quad c + d \geq b + (15 \dots 20).$$

Если условие зацепляемости не выполняется, производится повторный расчет чисел зубьев сменных колес.

## **Практическое занятие 7**

### **РАСЧЕТ МОДУЛЯ РЕЙКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЗАДАННОЙ ВЕЛИЧИНЫ ПОДАЧИ**

*Задание.* Определить значение модуля рейки для получения заданной величины подачи суппорта токарного станка, который перемещается в продольном направлении с подачей  $S$ .

*Исходные данные:*

$Z_{\text{ш}}$  – число зубьев приводной реечной шестерни;  $i_p$  – передаточное отношение механизма реверса;  $i_r$  – передаточное отношение гитары сменных колес;  $i_{\text{кп}}$  – передаточное отношение коробки подач;  $i_{\text{ф}}$  – передаточное отношение фартука. Исходные данные приведены в табл. 8.

Таблица 8

## Исходные данные для расчета значения модуля рейки

Вариант	S мм/об	$i_p$	$i_r$	$i_{кп}$	$i_\phi$	$Z_{ш}$
1	0,150	0,66	0,625	0,10	0,04	12
2	0,150	0,70	0,500	0,10	0,04	16
3	0,200	0,66	0,625	0,10	0,04	18
4	0,200	0,70	0,500	0,10	0,03	20
5	0,340	0,66	0,625	0,10	0,04	14
6	0,340	0,66	0,400	0,10	0,03	12
7	0,300	0,66	0,625	0,10	0,04	16
8	0,300	0,65	0,500	0,15	0,02	14
9	0,124	0,66	0,625	0,10	0,04	18
10	0,124	0,50	0,500	0,10	0,03	20
11	0,100	0,66	0,625	0,10	0,04	22
12	0,100	0,66	0,500	0,08	0,02	24
13	0,120	0,66	0,625	0,10	0,04	22
14	0,120	0,50	0,400	0,08	0,05	20
15	0,120	0,60	0,500	0,12	0,03	18
16	0,150	0,70	0,500	0,10	0,03	16
17	0,200	0,70	0,500	0,10	0,04	24
18	0,200	0,65	0,625	0,08	0,02	26
19	0,250	0,66	0,625	0,10	0,04	28
20	0,250	0,70	0,625	0,15	0,04	22
21	0,250	0,72	0,520	0,10	0,03	18
22	0,250	0,66	0,520	0,15	0,04	14

*Теоретические сведения.* Зубчато-реечные передачи относятся к механизмам для преобразования вращательного движения в поступательное. Зубчато-реечные передачи состоят из двух основных элементов: зубчатой рейки и реечной шестерни (рис. 4).

В токарных станках зубчато-реечная передача применяется для преобразования вращательного движения, передаваемого на реечную шес-

терню от коробки подач через ходовой вал и механизмы фартука, в поступательное движение суппорта станка. Реечная шестерня, закрепленная на валу фартука, входит в зацепление с зубчатой рейкой, закрепленной на станине, что и обеспечивает поступательное перемещение суппорта станка по продольным направляющим.

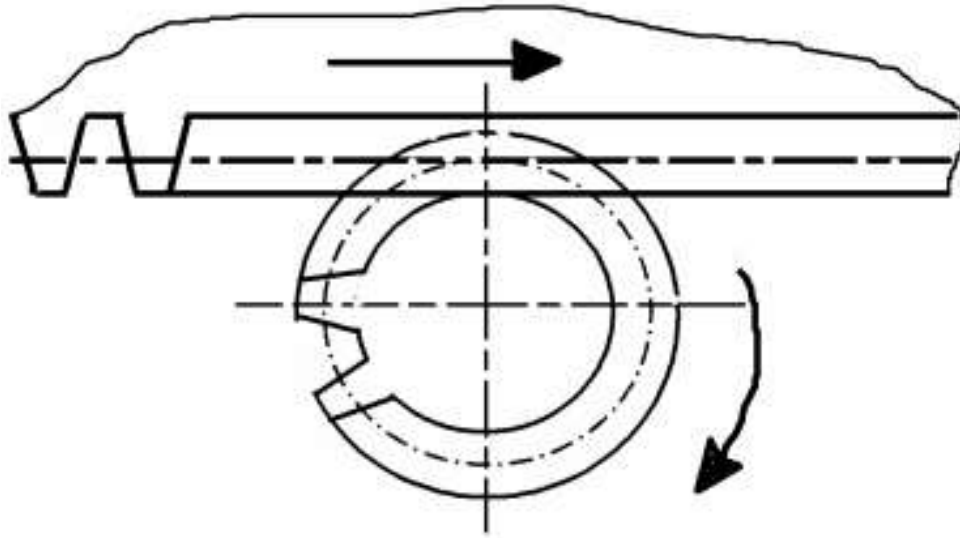


Рис. 4. Зубчато-реечная передача

Основными параметрами зубчато-реечной передачи являются модуль рейки и число зубьев реечной шестерни. Для решения задачи следует составить уравнение кинематического баланса, связывающее движение шпинделя и движение суппорта (за один оборот шпинделя суппорт перемещается на величину подачи). Следовательно,

$$1 \text{ об шп} \cdot C_{\text{кц}} \cdot i_v \cdot \pi m Z_{\text{ш}} = S ,$$

где  $C_{\text{кц}}$  – постоянная кинематической цепи;  $i_v$  – передаточное отношение регулирующего звена,  $m$  – модуль реечного колеса, мм;  $S$  – величина подачи, мм/об.

## Практическое занятие 8

### РАСЧЕТ ВЕЛИЧИНЫ СМЕЩЕНИЯ ЗАДНЕЙ БАБКИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КОНУСА НА ТОКАРНОМ СТАНКЕ

*Задание.* Определить величину смещения центра задней бабки  $h$  при обработке на токарном станке конусного валика с параметрами, приведенными в исходных данных. Дать рекомендации по настройке станка для изготовления конических поверхностей.

*Исходные данные:*

$d_1$  – меньший диаметр, мм;  $d_2$  – диаметр основания, мм;  $l$  – высота конуса, мм;  $L$  – расстояние между центрами, мм.

Исходные данные приведены в табл. 9.

Таблица 9

Исходные данные для изготовления конического  
валика в миллиметрах

Вариант	Параметры				Вариант	Параметры			
	$d_1$	$d_2$	$l$	$L$		$d_1$	$d_2$	$l$	$L$
1	35	40	150	200	13	25	30	100	120
2	30	40	120	200	14	25	32	100	120
3	25	30	100	150	15	25	35	100	120
4	35	45	120	180	16	30	35	100	120
5	35	50	120	150	17	30	40	100	120
6	35	40	120	180	18	30	42	100	120
7	20	30	120	130	10	35	40	120	130
8	20	30	110	130	20	35	42	120	130
9	40	45	150	200	21	35	48	120	130
10	45	50	160	200	22	40	58	120	130
11	48	52	160	200	23	40	56	120	150
12	45	50	80	100	24	40	55	150	150

Теоретические сведения. Обработка конических поверхностей на токарных станках связана с образованием конуса, который характеризуется меньшим  $d_1$  и большим  $d_2$  диаметрами и высотой конуса  $l$ . Угол  $\alpha$  называется углом наклона конуса, а угол  $2\alpha$  – углом конуса (рис. 5).

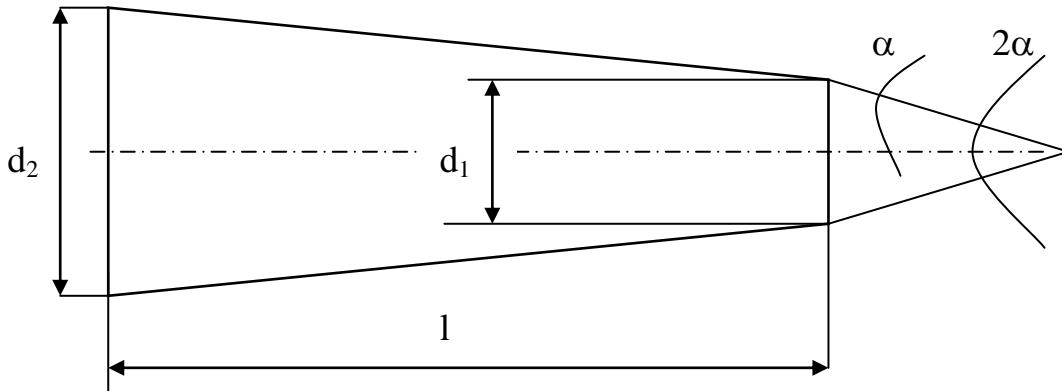


Рис. 5. Элементы конуса:

$\alpha$  – угол конуса;  $d_1$  – малый диаметр конуса;  $d_2$  – большой диаметр конуса;  
 $l$  – длина конуса

Одним из способов обработки конических поверхностей с малыми углами при вершине конуса является обтачивание детали, установленной в центрах, при смещении задней бабки (рис.б).

Задняя бабка смещается на величину  $s$  с помощью регулировочных винтов, ось детали при смещении задней бабки занимает отклоняется на угол по отношению к оси центров станка. При обработке детали, установленной с наклоном по отношению оси центров станка резец, перемещающаяся вдоль оси центров, производит неравномерное снятие припуска, что приводит к образованию конической поверхности.

Расчет величины смещения задней бабки основывается на том, что деталь в центрах устанавливается с наклоном, угол которого соответствует углу конуса  $\alpha$ .



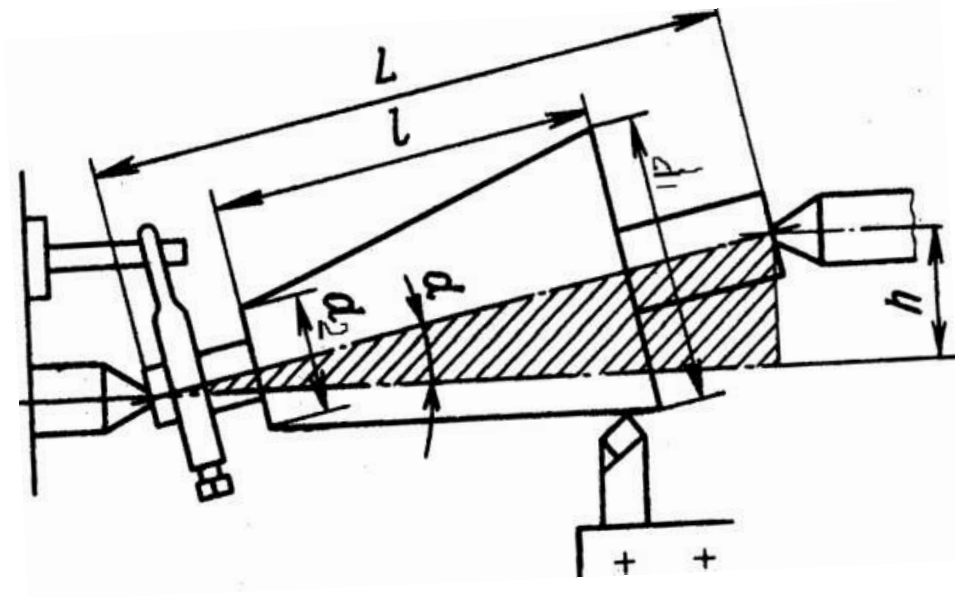


Рис. 6. Обработка конических поверхностей при смещении задней бабки:

$\alpha$  – угол конуса;  $d_1$  – малый диаметр конуса;  $d_2$  – большой диаметр конуса;  
 $l$  – длина конуса;  $L$  – расстояние между центрами;  
 $h$  – величина смещения задней бабки

### Практическое занятие 9

## РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНОГО СТАНКА НА НАРЕЗАНИЕ РЕЗЬБЫ РЕЗЦОМ

*Задание.* Рассчитать передаточное число  $i_r$  и числа зубьев гитары сменных колес  $a, b, c, d$  и числа зубьев колес механизма Нортон для нарезания метрической и дюймовой резьбы на токарно-винторезном станке. Для гитары выполнить проверку по условию сцепляемости.

*Исходные данные:*

$P_{nr}$  – шаг метрической резьбы; мм;  $P_{xv}$  – шаг ходового винта, мм;  
 $n$  – число ниток на дюйм для дюймовой резьбы;  $C$  – постоянная кинематической цепи;  $K_{nr}$  – число заходов нарезаемой резьбы. Исходные данные

приведены в табл.10. Число заходов нарезаемой резьбы для всех вариантов принимается равным 1.

*Теоретические сведения.* Одной из функций токарно-винторезного станка является нарезание резьбы резцом. Кинематическая цепь, служащая для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом, является внутренней цепью и связывает вращение шпинделя и перемещение суппорта. Для нарезания резьбы нужно, чтобы при повороте шпинделя на один оборот суппорт с резцедержателем переместились на ход резьбы, равный  $P_{нр} \cdot K_{нр}$ . Ходовой винт, сообщаящий резцу прямолинейное движение через разъемную гайку, получает вращение от шпинделя через гитару сменных колес (рис. 7) или механизм Нортон (рис. 8).

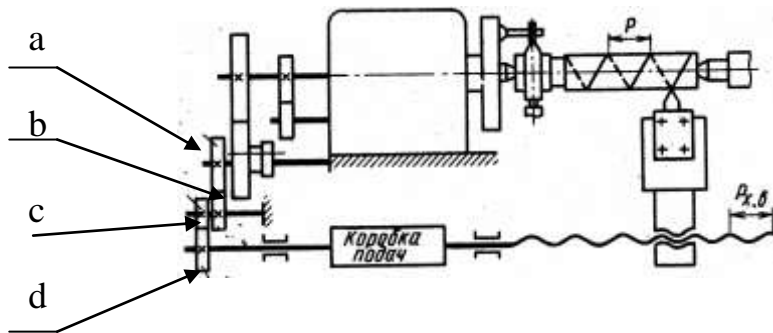


Рис. 7. Резьбонарезная цепь токарно-винторезного станка.

a, b, c, d – числа зубьев колес гитары

Расчет гитары сменных колес для нарезания метрической резьбы производится по формуле

$$1_{об.шп} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times S_{кц} \times P_{хв} = P_{нр} .$$

Расчет гитары сменных колес для нарезания дюймовой резьбы производится по формуле

$$1_{об.шп} \times \frac{a}{b} \times \frac{c}{d} \times S_{кц} \times P_{хв} = P_{нр} = \frac{25}{n} .$$

Таблица 10

Исходные данные для расчета настройки токарно-винторезного  
станка на нарезание резьбы резцом

Вариант	$P_{нр}$	$P_{хв}$	$C$	$n$
1	1	4	6	4
2	2	2	8	5
3	3	5	10	6
4	4	6	12	7
5	5	8	14	8
6	1,5	2	16	9
7	2,5	5	20	10
8	3,5	4	26	11
9	4,5	6	30	12
10	5,5	8	34	14
11	6	4	36	16
12	7	5	40	18
13	1,25	4	6	20
14	1,75	6	8	6
15	2,25	8	10	7
16	2,75	4	12	8
17	1,5	2	14	9
18	1,25	2	16	10
19	1	5	20	11
20	2	6	26	12
21	3	8	30	14
22	3,5	4	34	16
23	4,5	2	36	18
24	6	6	40	20

Шестиступенчатый механизм Нортонa служит для настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы резцом.

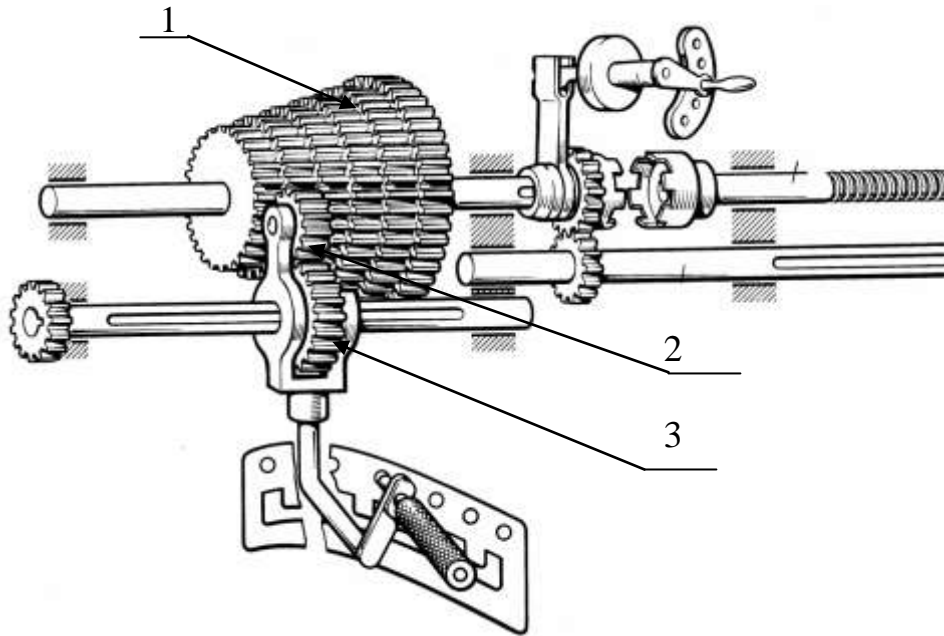


Рис. 8. Механизм Нортонa:

1 – блок зубчатых колес; 2 – паразитное колесо; 3 – передвижное колесо

Он состоит из конусного блока зубчатых колес 1, которые могут последовательно входить в зацепление с передвижным колесом 3 через паразитное колесо 2 и множительного механизма, служащего для увеличения диапазона шагов нарезаемой резьбы. При настройке механизма Нортонa на нарезание метрической и модульной резьбы ведущим является конусный блок колес, на нарезание дюймовой резьбы – подвижное колесо.

Для расчета параметров настройки механизма Нортонa следует определить номер ступени механизма Нортонa, передаточное число множительных передач, ведомое и ведущее звенья механизма Нортонa (табл. 11).

## Данные к расчету механизма Нортонa

Номер ступени	Передаточное отношение множительных передач								
	Метрическая резьба			Модульная резьба			Дюймовая резьба		
	1 : 2	1 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 1	2 : 1	1 : 2	1 : 1	2 : 1
1	1	2	4	1	2	4	16	8	4
2	–	–	4,5	–	2,25	4,5	18	9	–
3	1,25	2,5	5	1,25	2,5	5	20	10	5
4	–	–	5,5	–	2,75	5,5	–	11	–
5	1,5	3	6	1,5	3	6	24	12	6
6	1,75	3,5	7	1,75	3,5	7	28	14	7

Значения шагов по вертикали можно получить переключением механизма Нортонa, а по горизонтали – переключением множительного механизма. Механизм Нортонa можно рассчитать по любому столбцу таблицы 11 в том случае, если задана постоянная кинематической цепи  $C$  по формуле

$$Z = C \cdot K_{\text{нр}} \cdot P_{\text{нр}} .$$

Пример при  $C=8$  по третьему столбцу для метрической резьбы:

$$Z_1 = 8 \cdot 1 \cdot 4 = 32 \quad Z_2 = 8 \cdot 1 \cdot 4,5 = 36;$$

$$Z_3 = 8 \cdot 1 \cdot 5 = 40 \quad Z_4 = 8 \cdot 1 \cdot 5,5 = 44;$$

$$Z_5 = 8 \cdot 1 \cdot 6 = 48 \quad Z_6 = 8 \cdot 1 \cdot 7 = 56.$$

Число зубьев подвижного колеса принимается равным числу зубьев первого колеса конического блока колес.

Шаги нарезаемой резьбы:

1) для модульной резьбы  $P_{\text{нр}} = m \cdot \pi$ ;

2) для дюймовой резьбы  $P_{\text{нр}} = 1 / n \cdot K_{\text{нр}}$ .

## Практическое занятие 10

### РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ РЕЗЬБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА НА ФРЕЗЕРОВАНИЕ РЕЗЬБЫ ДИСКОВОЙ ФРЕЗОЙ

*Задание.* Рассчитать параметры настройки резьбофрезерного станка на фрезерование резьбы со стандартным шагом (передаточное число гитары главного движения  $A : D$ , гитары подач  $a : d$  и нестандартным шагом (передаточное число гитары резьбонарезной цепи  $a_1 : d_1$ ).

*Исходные данные:*

$S_{кр}$  – величина круговой подачи заготовки, мм/об;  $t_{нр ст}$  – стандартный шаг резьбы, мм;  $t_{нр нст}$  – нестандартный шаг резьбы, мм;  $n_{фр}$  – число оборотов фрезы, об/мин. Исходные данные приведены в табл. 12.

*Теоретические сведения.* Резьбофрезерные станки предназначены для обработки наружной резьбы различных видов и параметров. Фрезерование резьбы ведется дисковыми и групповыми фрезами (рис. 9). Резьбофрезерная кинематическая цепь резьбофрезерных станков обеспечивает согласованное вращение заготовки и продольное перемещение дисковой фрезы.

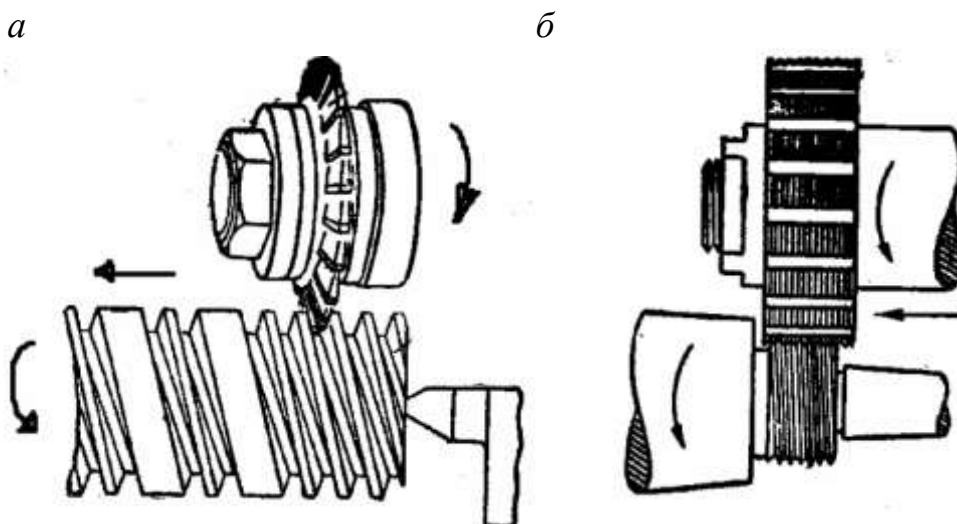


Рис. 9. Обработка резьбы на резьбофрезерных станках:

*a* – фрезерование дисковой фрезой; *б* – фрезерование групповой фрезой

Таблица 12

Исходные данные для расчета параметров настройки  
резьбофрезерного станка

Вариант	$t_{нр ст}$ мм	$t_{нр нст}$ мм	$S_{кр}$ об/мин	$n_{фр}$ об/мин
1	1,5	3,4	0,5	55
2	2	2,6	0,6	80
3	2,5	3,6	0,8	115
4	3	2,8	0,9	165
5	3,5	4,7	1	240
6	4	4,8	1,2	55
7	4,5	3,9	1,4	80
8	5	5,1	1,5	115
9	6	5,3	1,6	165
10	8	5,6	1,7	240
11	10	6,3	1,8	55
12	1,5	6,7	1,9	80
13	2	6,8	2,0	115
14	2,5	8,1	1,2	165
15	3	8,2	1,4	240
16	3,5	8,4	1,5	55
17	4	8,6	1,6	80
18	4,5	4,8	1,7	115
19	5	5,9	1,8	165
20	6	6,9	1,9	240
21	8	7,2	2,0	80
22	10	8,3	1,8	115
23	8	2,7	2,1	55
24	6	4,3	1,7	165

При групповом фрезеровании резьбофрезерная цепь обеспечивает согласованное вращение фрезы и вращение заготовки.

По кинематической схеме резьбофрезерного станка нужно составить уравнения кинематического баланса и формулы его настройки на нарезание:

- 1) резьбы метрической со стандартным шагом;
- 2) резьбы метрической с нестандартным шагом.

Кинематическая схема резьбофрезерного станка приведена на рис. 10.

Основные кинематические цепи резьбофрезерного станка:

1. Кинематическая цепь главного движения, которая служит для передачи движения от электродвигателя через коробку скоростей на фрезу:

$$n_{\text{дв}} \cdot \dots = n_{\text{фр}} ,$$

где  $n_{\text{фр}}$  – число оборотов фрезы, об/мин.

2. Кинематическая цепь круговой подачи заготовки  $S_{\text{кр.}}$ , которая служит для передачи движения от фрезы к заготовке через механизм конического реверса, коробку подач или гитару сменных колес. Последняя используется при настройке станка на нарезание резьбы со стандартным шагом:

$$1 \text{ об/фр} \cdot \dots = S_{\text{кр.}} ,$$

где  $S_{\text{кр}}$  – круговая подача заготовки, мм/об.

3. Кинематическая цепь продольной подачи фрезерного суппорта  $S_{\text{пр}}$  при нарезании резьбы с нестандартным шагом, которая служит для передачи движения от заготовки через двухпарную гитару сменных зубчатых колес  $a_1 : d_1$  на ходовой винт подачи фрезерного суппорта:

$$1 \text{ об/заг} \cdot \dots \cdot P_{\text{хв}} = S_{\text{пр}} = t_{\text{нр}} ,$$

где  $P_{\text{хв}}$  – шаг ходового винта продольной подачи фрезерного суппорта, мм;  $t_{\text{нр}}$  – шаг нарезаемой резьбы, мм;  $S_{\text{пр}}$  – продольная подача фрезерного суппорта, мм.



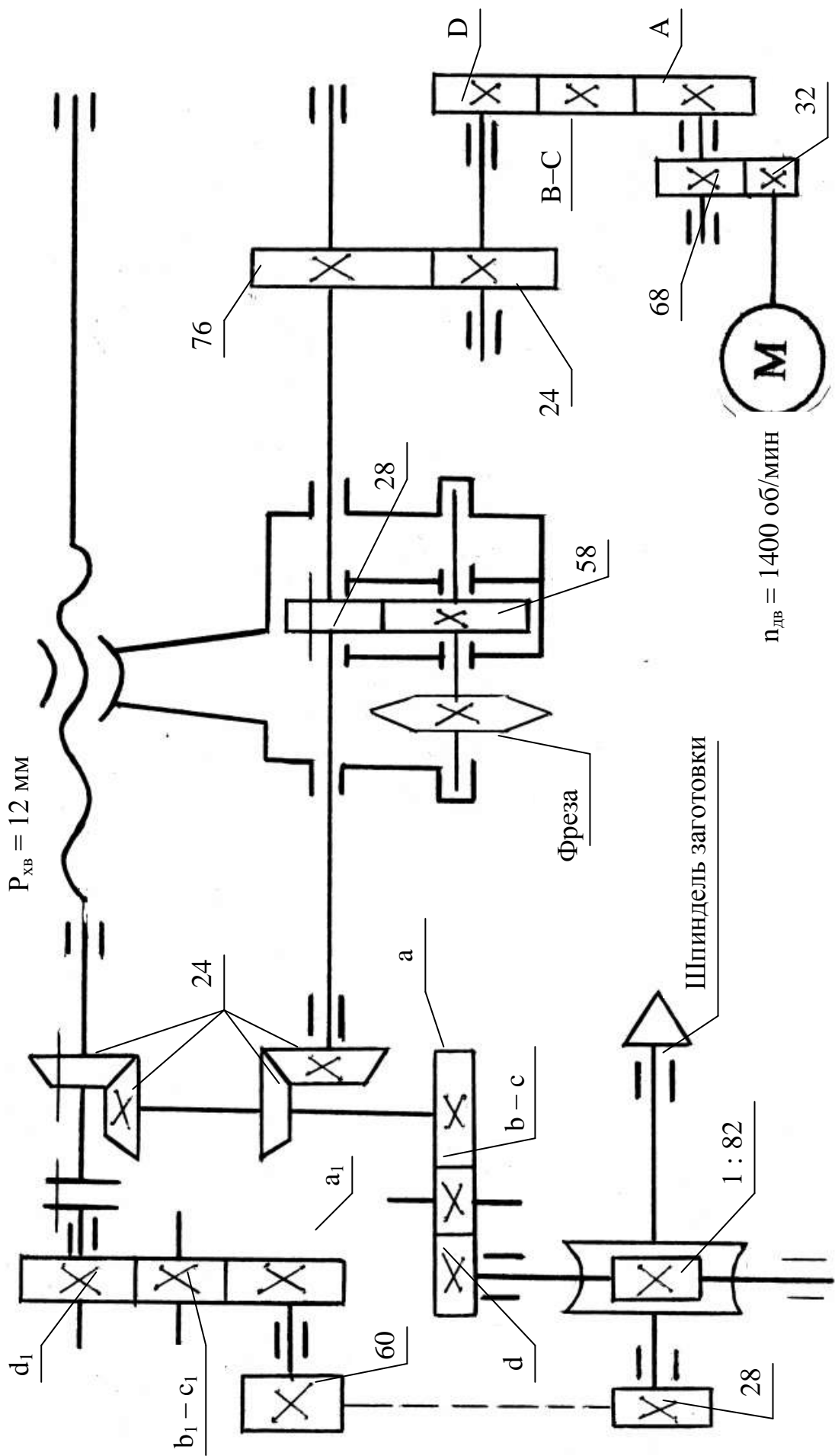


Рис. 10. Кинематическая схема резьбофрезерного станка:  
 А, В, С, D – сменные колеса гитары главного движения; а, b, с, d – сменные колеса гитары  
 круговой подачи; а<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, с<sub>1</sub>, d<sub>1</sub> – сменные колеса гитары продольной подачи суппорта.

**Практическое занятие 11**  
**РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА**  
**НА ОБРАБОТКУ ПРЯМОЗУБЫХ И КОСОЗУБЫХ КОЛЕС**

*Задание.* Рассчитать параметры настройки зубофрезерного станка на нарезание прямозубого и косозубого зубчатых колес: передаточное число зубьев зубчатых колес гитары главного движения  $A : B$ ; гитары вертикальной подачи фрезерного суппорта  $a_1 : b_1$ ; гитары деления  $a : d$ ; гитары дифференциала  $a_2 : d_2$ .

*Исходные данные:*

$Z_n$  – число зубьев прямозубого и  $Z_k$  – косозубого зубчатых колес,  $m_n$  – нормальный модуль косозубого колеса, мм;  $\beta$  – угол наклона зубьев косозубого зубчатого колеса, град;  $K$  – число заходов червячной фрезы.

При расчетах принять число оборотов фрезы  $n_{фр} = 80$  об/мин; величину вертикальной подачи фрезерного суппорта  $S_b = 0,5$  мм/об. Исходные данные приведены в табл. 13.

*Теоретические сведения.* Зубофрезерные станки предназначены для обработки цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьями по методу обката. Зуборезная кинематическая цепь зубофрезерных станков обеспечивает согласованное вращение фрезы и заготовки.

По кинематической схеме станка нужно составить уравнения кинематического баланса и формулы настройки зубофрезерного станка на нарезание:

- 3) прямозубого колеса;
- 4) косозубого колеса.

Кинематическая схема зубофрезерного станка приведена на рис. 11.

Таблица 13

Исходные данные для расчета параметров настройки  
зубофрезерного станка

Вариант	K	Zп	Zк	$\beta$ , град
1	1	28	74	20
2	1	30	72	23
3	1	32	70	25
4	1	34	68	26
5	1	36	66	27
6	1	38	64	28
7	1	40	62	29
8	1	42	60	28
9	1	44	58	15
10	1	46	56	16
11	1	48	54	18
12	1	50	52	17
13	1	52	50	17,5
14	1	54	48	18,5
15	1	56	46	19,5
16	1	58	44	20,5
17	1	60	42	24,5
18	1	62	40	26,5
19	1	64	38	29,5
20	1	66	36	30,5
21	1	68	34	22,5
22	1	70	32	20
23	1	72	30	25
24	1	74	28	29

Основные кинематические цепи зубофрезерного станка:

1. Кинематическая цепь главного движения, которая служит для передачи движения от электродвигателя через гитару сменных зубчатых колес  $A : B$  на фрезу:

$$n_{дв} \cdot \dots = n_{фр} .$$

где  $n_{фр}$  – число оборотов фрезы, об/мин.

2. Кинематическая цепь деления заготовки, которая служит для передачи движения от фрезы к заготовке через конический дифференциал и гитару сменных зубчатых колес  $a : d$ . Передаточное отношение конического дифференциала  $i_{диф} = 1$ . За один оборот заготовки фреза должна сделать  $Z_{п}$  оборотов:

$$1 \text{ об. заг} \cdot \dots = Z_{п} / K_{фр},$$

где  $K_{фр}$  – число заходов фрезы.

3. Кинематическая цепь вертикальной подачи фрезерного суппорта, которая служит для передачи движения от заготовки через гитару сменных зубчатых колес  $a_1 : b_1$  на ходовой винт вертикальной подачи фрезерного суппорта:

$$1 \text{ об/заг} \cdot \dots \cdot P_{хв} = S_{в} ,$$

где  $P_{хв}$  – шаг ходового винта вертикальной подачи фрезерного суппорта, мм;  $S_{в}$  – величина вертикальной подачи фрезерного суппорта, мм/об.

4. Цепь дифференциального движения, которая применяется для сообщения заготовке добавочного движения для нарезания косозубых колес. Движение передается от заготовки через конический дифференциал  $i_{диф} = 1/2$ , гитару сменных зубчатых колес  $a_2 : b_2$  на ходовой винт вертикальной подачи. За один оборот заготовки фреза должна переместиться в направлении вертикальной подачи на один шаг винтовой линии зуба:

$$1 \text{ об/заг} \cdot \dots = K_{фр} \cdot T$$

где  $T$  – шаг винтовой линии зуба, мм.

$$T = \frac{\pi \cdot m \cdot Z}{\cos \beta}$$

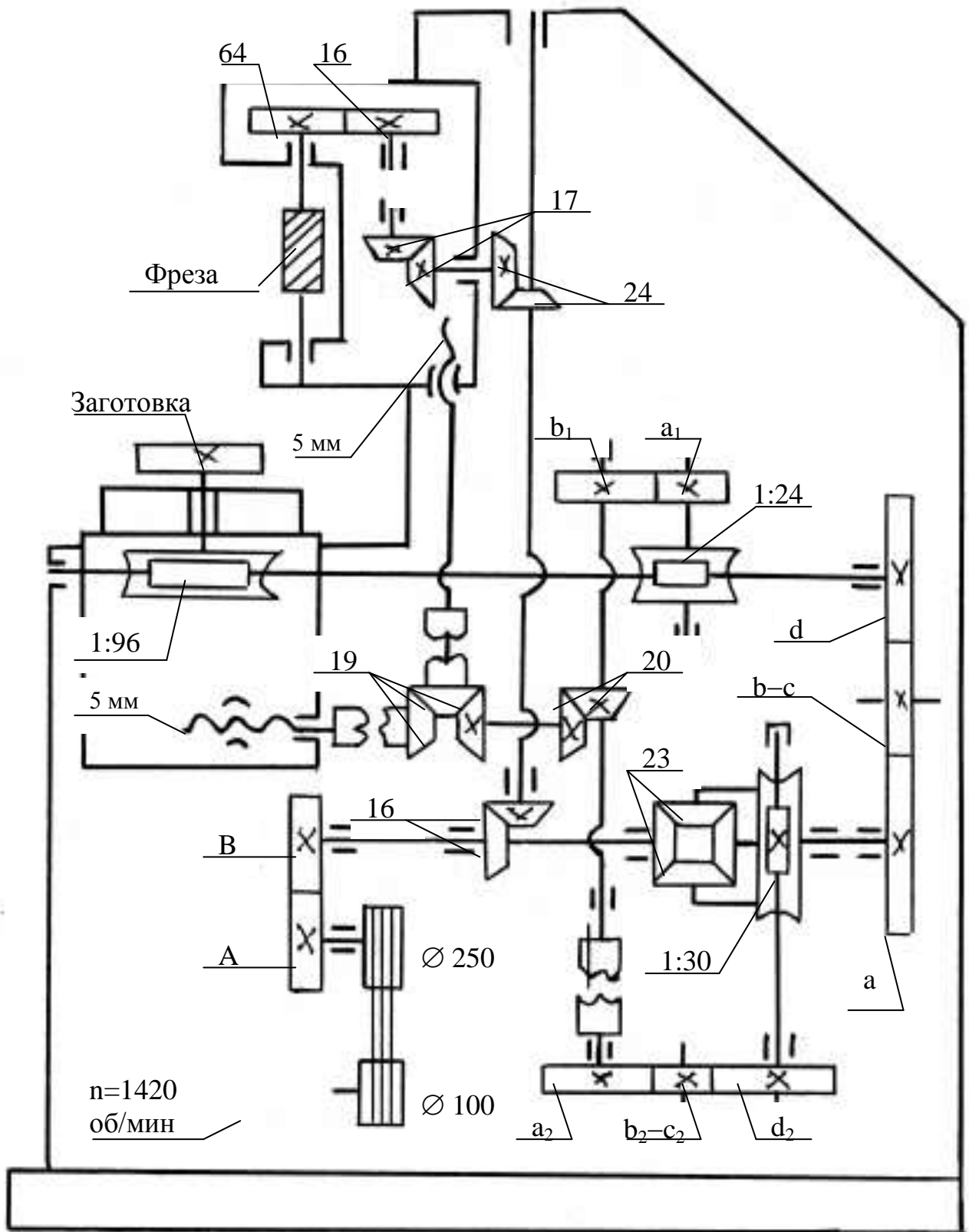


Рис. 11. Кинематическая схема зубофрезерного станка:  
 А, В – сменные колеса гитары главного движения; а, b, с, d – сменные колеса гитары движения деления;  $a_1, b_1, c_1, d_1$  – сменные колеса гитары подачи суппорта;  $a_2, b_2, c_2, d_2$  – сменные колеса гитары дифференциального движения.

## Практическое занятие 12

### РАСЧЕТ НАСТРОЙКИ ТОКАРНО-ЗАТЫЛОВОЧНОГО СТАНКА НА ЗАТЫЛОВАНИЕ ЧЕРВЯЧНОЙ ФРЕЗЫ

*Задание.* Рассчитать параметры настройки токарно-затыловочного станка на затылование червячной модульной фрезы: передаточное отношение и числа зубьев сменных колес гитары подач суппорта  $a_1 : d_1$ , гитары деления  $a : d$  и гитары дифференциала  $a_2 : d_2$ .

*Исходные данные:*

$Z_v$  – число винтовых стружечных канавок червячной фрезы;  $\omega$  – угол наклона винтовой линии червячной фрезы, град;  $K$  – число подъемов затыловочного кулачка,  $m$  – модуль фрезы,  $d$  – диаметр начальной окружности фрезы. Исходные данные приведены в табл. 14. При расчетах принять число оборотов шпинделя  $n_{\text{шп}} = 8,7$  об/мин; величину подачи суппорта  $S = 0,1$  мм/об.

*Теоретические сведения.* Токарно-затыловочные станки предназначены для обработки задних поверхностей зубьев цилиндрических, червячных, дисковых фрез, метчиков с прямыми и винтовыми канавками. Затылование производится в результате сложения двух движений – вращательного движения детали и возвратно-поступательного движения инструмента.

При затыловании фрез с винтовыми канавками, для того чтобы режущий инструмент попадал на соответствующие зубья фрезы, необходимо замедленное или ускоренное движение инструмента (в зависимости от направления винтовых канавок), которое получается с помощью дифференциала, встраиваемого в кинематическую цепь. Кинематическая схема станка приведена на рис. 12.

Затылование червячной фрезы производится с горизонтальной подачей суппорта от ходового винта.

Таблица 14

Исходные данные для расчета параметров настройки  
токарно-затыловочного станка

Вариант	$\omega$ , град	K	$Z_{\phi}$	m, мм
1	1,8	1	12	14
2	1,5	1	14	10
3	1,3	1	15	8
4	1,2	1	16	6
5	1,7	1	10	12
6	1,6	1	11	16
7	1,9	1	13	20
8	2,0	1	15	18
9	2,1	1	17	8
10	2,2	1	10	10
11	2,3	1	12	12
12	2,4	1	13	16
13	2,5	1	14	18
14	2,6	1	15	20
15	2,7	1	16	11
16	2,8	1	17	14
17	2,9	1	18	16
18	3,0	1	10	6
19	3,1	1	9	8
20	3,2	1	12	18
21	3,3	1	11	22
22	3,4	1	13	10
23	3,5	1	15	14
24	3,6	1	14	16

Кинематические цепи токарно-затыловочного станка:

1. Кинематическая цепь главного движения, которая служит для передачи движения от электродвигателя через коробку скоростей на шпиндель с затылуемой фрезой:

$$n_{\text{дв}} \cdot \dots = n_{\text{шп}},$$

где  $n_{\text{шп}}$  – число оборотов шпинделя, об/мин.

2. Кинематическая цепь затыловочно-делительного движения заготовки, которая служит для передачи движения от шпинделя к заготовке через конический дифференциал и гитару деления  $a : d$ . Передаточное число конического дифференциала  $i_{\text{диф}} = 1$ . За один оборот заготовки кулачок должен сделать  $Z_{\text{в}} / K_{\text{к}}$  оборотов:

$$1 \text{ об/заг} \cdot \dots = Z_{\text{в}} / K_{\text{к}},$$

где  $K_{\text{к}}$  – число подъемов кулачка.

3. Кинематическая цепь подачи суппорта, которая служит для передачи движения от шпинделя через гитару подач затыловочного суппорта  $a_1 : d_1$  на ходовой винт подачи суппорта:

$$1 \text{ об.шп} \cdot \dots \cdot P_{\text{хв}} = S,$$

где  $P_{\text{хв}}$  – шаг ходового винта подачи суппорта, мм;  $S$  – величина подачи суппорта, мм/об.

4. Цепь дифференциального движения, которая применяется для сообщения заготовке добавочного движения для дополнительного приращения скорости вращения кулачка. Движение передается от ходового винта через гитару дифференциального движения  $a_2 : d_2$  и конический дифференциал  $i_{\text{диф}} = 1/2$ , на кулачок. При продольном перемещении суппорта на величину шага винтовой канавки кулачок совершает дополнительно  $Z$  оборотов:

$$P_{\text{фр}} / P_{\text{хв}} \cdot \dots = Z / K_{\text{к}}.$$

где  $P_{\text{фр}}$  – шаг винтовой стружечной канавки фрезы, мм.

$$P_{\text{фр}} = \pi \cdot m \cdot Z / \cos \omega$$



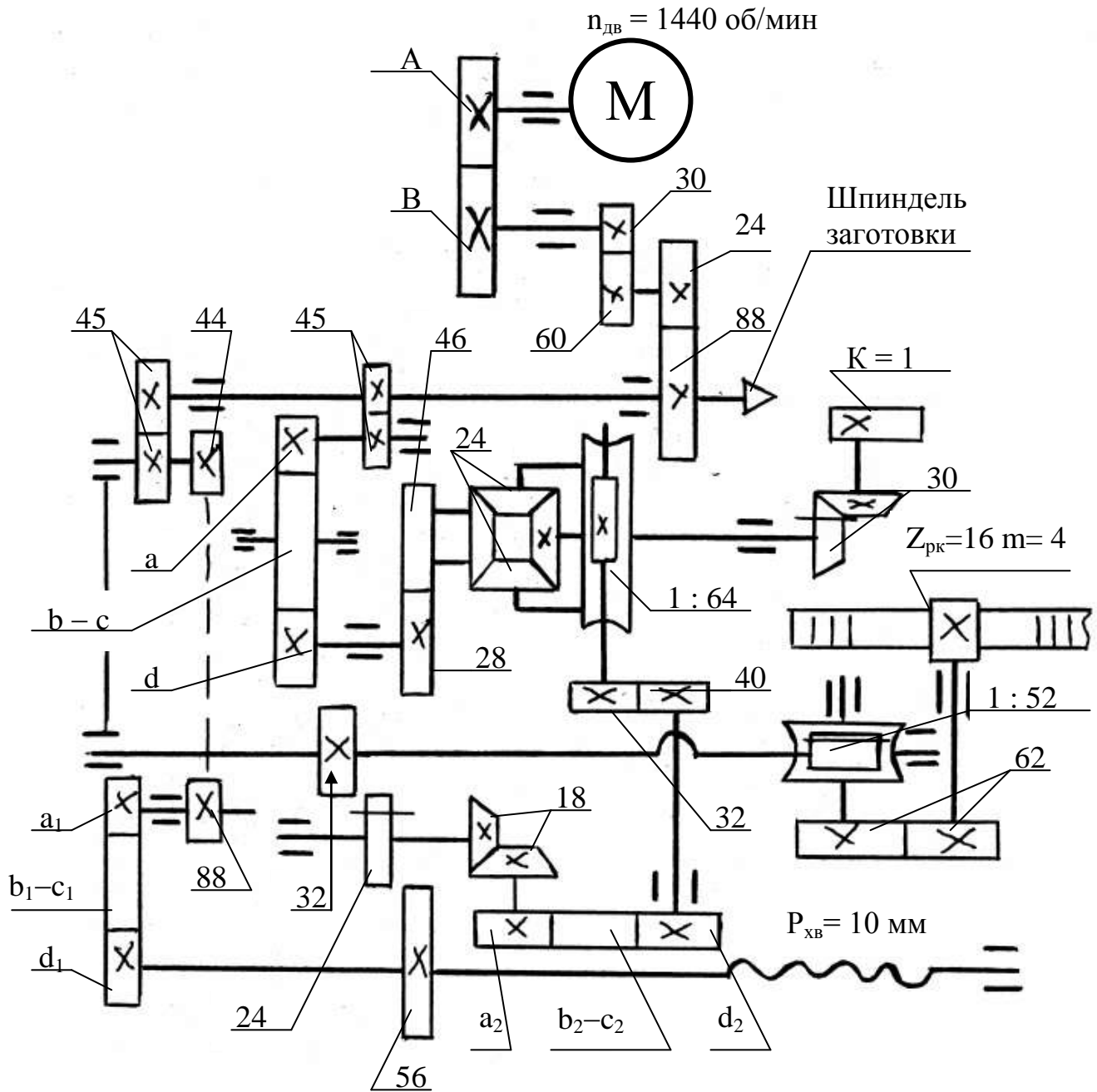


Рис. 12. Кинематическая схема токарно-затыловочного станка:

А, В – сменные колеса гитары главного движения; а, b, с, d – сменные колеса гитары затыловочно-делительного движения; а<sub>1</sub>, b<sub>1</sub>, с<sub>1</sub>, d<sub>1</sub> – сменные колеса гитары продольной подачи суппорта; а<sub>2</sub>, b<sub>2</sub>, с<sub>2</sub>, d<sub>2</sub> – сменные колеса гитары дифференциального движения.

### Практическое занятие 13

## РАСЧЕТ КУЛИСНОГО МЕХАНИЗМА

*Задание.* Определить частоту вращения кулисного колеса однокулисного привода поперечно-строгального станка.

*Исходные данные:*

$V$  – горизонтальная скорость ползуна, м/мин;  $R$  – радиус кулисного колеса  $O_1A$ , мм;  $a, b$  – размеры кулисного привода, мм;  $L$  – ход ползуна, мм. Исходные данные приведены в табл. 15.

*Теоретические сведения.* В поперечно-строгальных станках применяется вариант кулисного механизма, представленный на рис. 13.

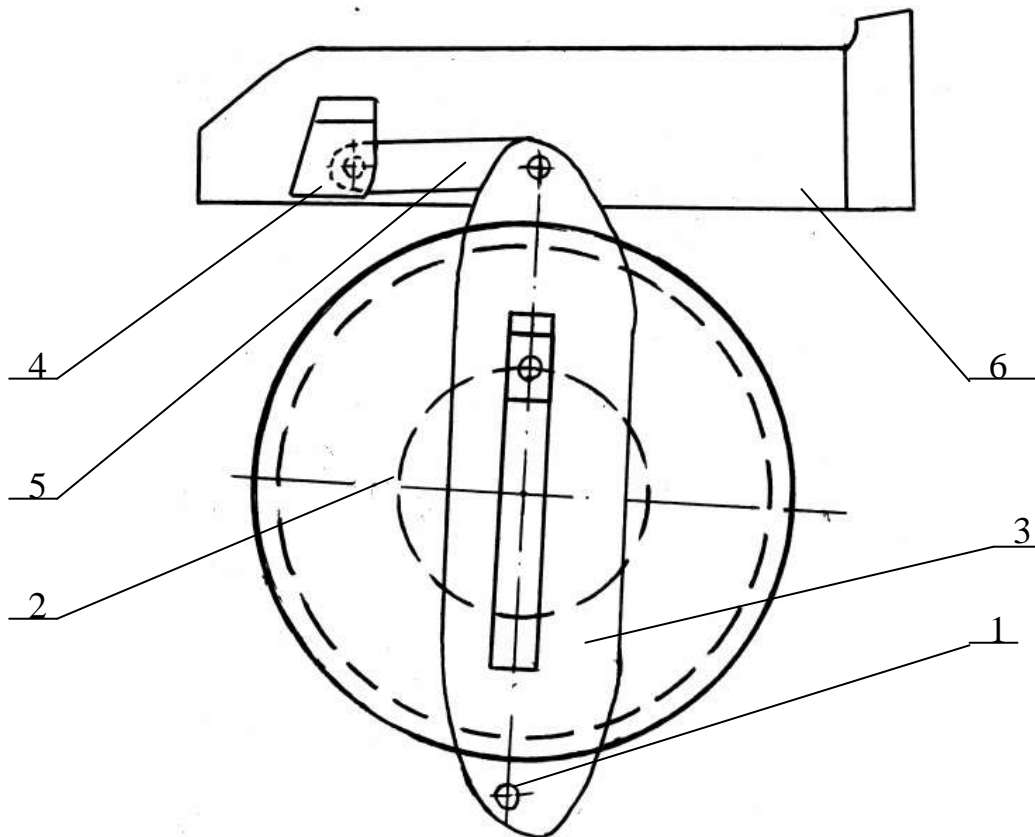


Рис. 13. Кулисный механизм поперечно-строгального станка:

1 – ось кулисы; 2 – кривошипная шестерня; 3 – кулиса; 4 – колодка;  
5 – шатун; 6 – ползун.

Таблица15

## Размеры кулисного привода и скорость движения ползуна

Вариант	V м/мин	R, мм	A, мм	B, мм	L, мм
1	50	150	200	400	–
2	50	100	150	200	–
3	50	–	150	200	400
4	10	–	150	200	400
5	10	–	120	180	300
6	10	100	150	300	–
7	20	90	180	300	–
8	20	80	100	240	–
9	20	–	150	200	400
10	20	–	120	240	300
11	40	60	100	300	–
12	40	80	150	200	–
13	40	–	150	200	400
14	50	150	180	360	–
15	50	100	150	300	–
16	50	–	150	200	380
17	10	150	180	260	–
18	10	–	150	200	400
19	10	–	120	200	300
20	20	50	100	200	–
21	20	40	100	200	–
22	20	30	80	150	–
23	20	–	100	200	300
24	10	–	100	220	300

Кулиса подвергается значительным изгибающим нагрузкам, поэтому форма кулисы должна обеспечивать ее высокую прочность и жесткость. Вместе с тем для уменьшения динамических нагрузок, возникающих при реверсировании, кулиса должна обладать по возможности меньшей массой.

При крайних положениях ползуна ось кулисы (рис. 14) является касательной к окружности, описываемой кривошипом.

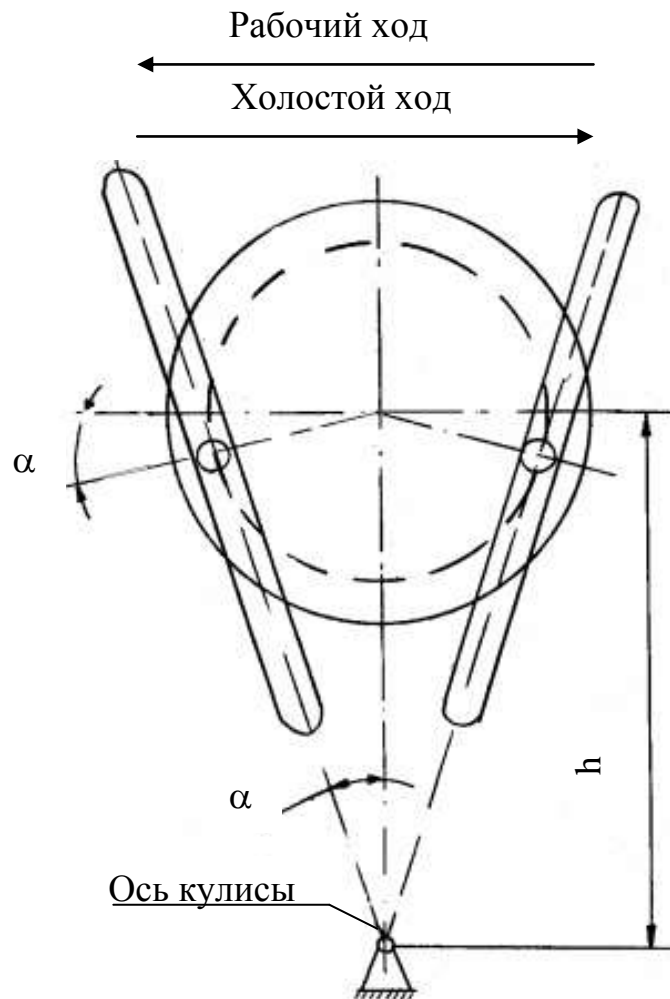


Рис. 14. Схема механизма с качающейся кулисой:

$\alpha$  – угол отклонения кулисы;  
 $h$  – расстояние от оси кулисы до оси кривошипа.

При вращении по направлению часовой стрелки рабочему ходу соответствует поворот кривошипной шестерни на угол  $180^\circ + 2\alpha$ , а холо-

стому ходу – поворот на угол  $180^\circ - 2\alpha$ . Следовательно, при постоянной скорости вращения кривошипной шестерни время рабочего хода больше времени холостого хода. Так как величины обоих ходов одинаковы, то средняя скорость рабочего хода меньше средней скорости холостого хода. Отношение скоростей рабочего и холостого ходов зависит от угла  $\alpha$ , который является функцией величины радиуса  $r$  кривошипа, а соответственно и настроенной длины хода.

Принцип действия кулисного механизма известен из курса теории машин и механизмов.

Неизвестную величину радиуса  $R$  (звено  $OA$ ) можно определить из рисунка на основании подобия треугольников  $KCO$  и  $OO_1A$  в крайнем левом положении кулисы 2, когда треугольники будут прямоугольными, угол  $\angle KCO = \angle AO_1O = 90^\circ$  (рис. 15 а)

Для решения задачи использовать формулы и методы графоаналитического расчета, при этом:

$$V_{A1} = \omega_1 \cdot l_{O1A}$$

$$V_{A2} = V_{A1} + V_{A2} \cdot V_{A1}$$

$$V_{A2} = \omega_2 \cdot l_{OA}$$

$$V_K = V_{A2} \cdot b / OA$$

На основании аналитических формул построить график скоростей в произвольном масштабе для положения привода, соответствующего схеме рисунка. Для нахождения линейной скорости точки  $K$  использовать метод подобия, планов скоростей, горизонтальную скорость ползуна  $K$  и соответственно частоту вращения кулисного колеса 1 рассчитать для среднего положения при котором  $\alpha = \beta = 0$  и  $OA = a + R$  (рис. 15 б)

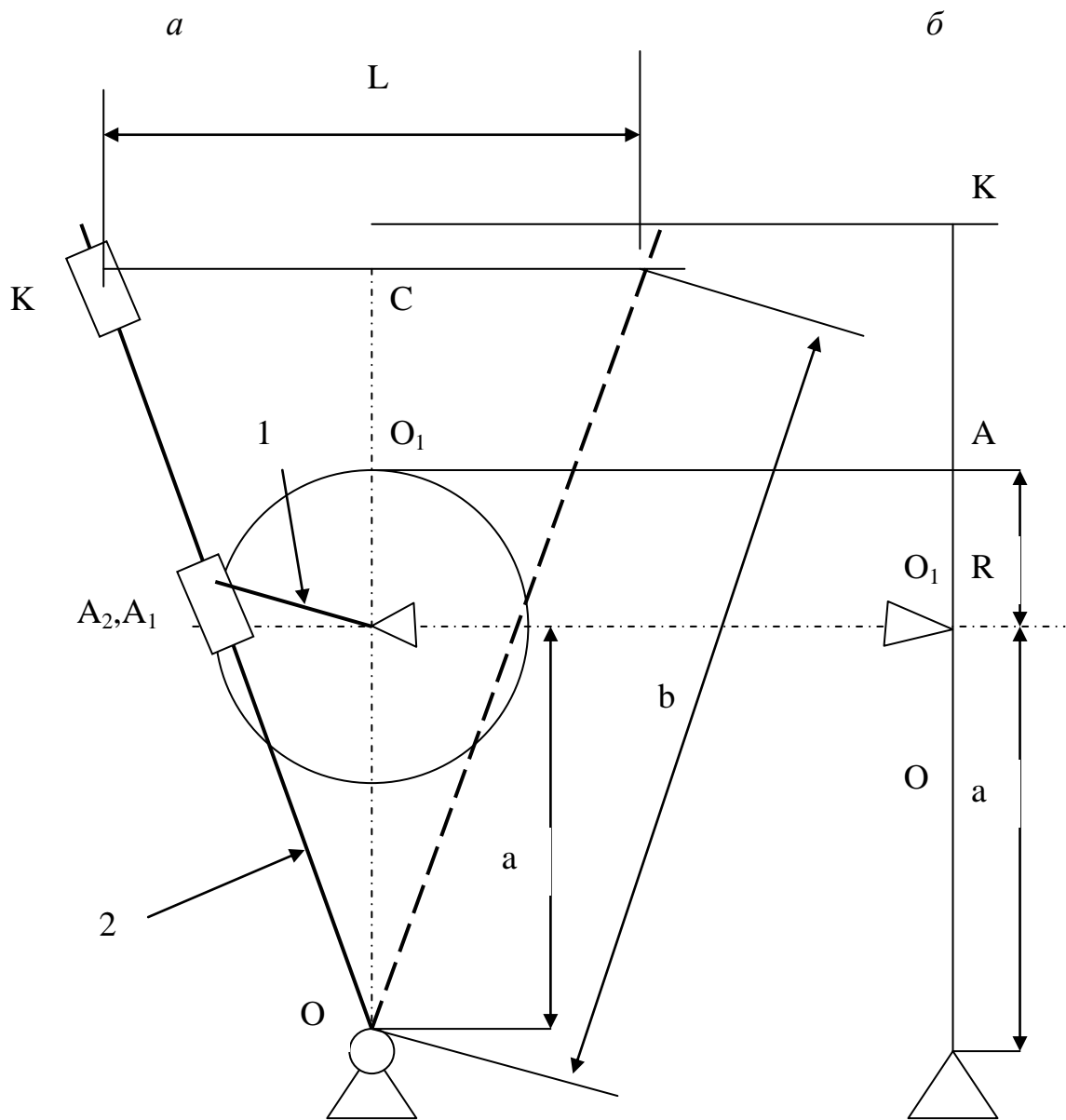


Рис.15. Кинематическая схема кулисного привода

$a$  – крайнее левое положение кулисы;  $б$  – среднее положение кулисы;  
 1 – кривошип; 2 – кулиса;  
 $a$  – расстояние от оси кулисы до оси кривошипа;  $b$  – длина кулисы;  
 $R$  – радиус кривошипа;  $L$  – ход ползуна.

## Заключение

Наладка и настройка металлорежущих станков занимает основное место в организации и технологической подготовке механосборочного производства. Расчет параметров настройки металлорежущих станков является одним из основных направлений деятельности технолога-машиностроителя и невозможен без знания основных конструктивных особенностей станков различных типов. Владение умениями расчета параметров настройки металлорежущих станков позволит будущему специалисту-технологу в короткие сроки освоить профессиональную деятельность в реальных производственных условиях и обеспечить сокращение сроков освоения нового технологического оборудования.

Будущему специалисту в сфере профессионального образования владение умениями расчета параметров настройки металлорежущих станков позволит наглядно, эффективно и понятно объяснять основные принципы настройки технологического оборудования на изготовление различных деталей машин.

Перечисленные умения входят в структуру конструкторской и технологической деятельности и являются базой для проектирования металлорежущих станков. Пособие позволяет обобщить и систематизировать знания, полученные на лекционных занятиях, и повысить уровень сформированности умений и навыков по дисциплине «Оборудование отрасли», применить знания в условиях квазипрофессиональной деятельности.

### *Список рекомендуемой литературы*

1. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Детали машин: Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. техникумов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 400 с.

2. Задания и методические указания к выполнению контрольной работы по дисциплине «Оборудование отрасли: металлорежущие станки» / Авт.-сост. В.И. Вешкурцев, Д.Г. Мирошин – Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.- пед. ун-та, 2003. – 41 с.

3. Кочергин А.И. Конструирование и расчет металлорежущих станков и станочных комплексов. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для вузов. – Минск.: Вышэйш. шк., 1991. – 382 с.

4. Металлорежущие станки: Учеб. для вузов / Под. ред. Н.С. Колева. – М.: Высш. шк, 1985. – 250 с.

5. Проников А.С. Расчет и конструирование металлорежущих станков. – М.: Высш. шк., 1968. – 430 с.



*Пример оформления титульного листа альбома отчетов  
по практическим занятиям*

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение

Российский государственный профессионально-педагогический  
университет

Машиностроительный институт  
Кафедра технологии машиностроения  
и методики профессионального обучения

## АЛЬБОМ ОТЧЕТОВ

по практическим занятиям  
по дисциплине «Оборудование отрасли»

Выполнил  
студент гр. ТО – 404

А.С. Пушкин

Проверил  
доцент, к.т.н.

В.И. Вешкурцев

Екатеринбург 2012

***Пример оформления второго листа альбома отчетов  
по практическим занятиям***

**Содержание**

1. Отчет по практическому занятию 1 (Анализ методов обработки поверхностей деталей машин на металлорежущих станках)	3
2. Отчет по практическому занятию 2 (Построение и анализ структурных сеток и графиков частот вращения)	4
3. Отчет по практическому занятию 3 (Расчет чисел зубьев колес коробок скоростей прямым способом)	5
4. Отчет по практическому занятию 4 (Расчет настройки делительных головок на простое и дифференциальное деление)	8
5. Отчет по практическому занятию 5 (Расчет параметров настройки универсальных делительных головок на фрезерование спиральных поверхностей)	10
6. Отчет по практическому занятию 6 (Расчет передаточного отношения и чисел зубьев гитары сменных колес)	13
7. Отчет по практическому занятию 7 (Расчет модуля рейки для получения заданной величины подачи)	15

и т.д.

Вешкурцев Владимир Иванович  
Мирошин Дмитрий Григорьевич

**Сборник задач**  
для практических занятий  
по дисциплине «Оборудование отрасли»  
Учебное пособие

Редактор Н.М. Юркова

Печатается по постановлению  
Редакционно-издательского совета университета

Подписано в печать                      Формат    60×84/ 16.    Бумага для множ.  
аппаратов.    Усл. печ. л.    .    Уч.-изд. л. 6,0. Тираж    200 экз. Заказ №  
Издательство    Российского    государственного    профессионально-  
педагогического университета. Екатеринбург, ул. Машиностроителей,  
11.

---

Ризограф РГППУ. Екатеринбург, ул. Машиностроителей, 11.