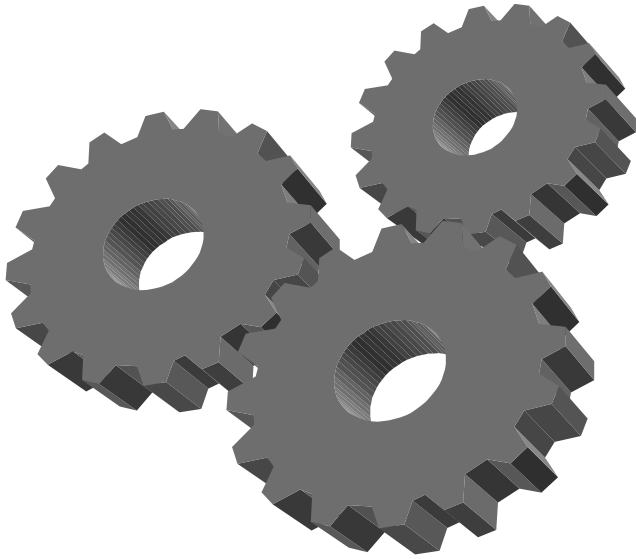


# ОСНОВЫ СТАНКОВЕДЕНИЯ



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Тамбовский государственный технический университет

**ОСНОВЫ  
СТАНКОВЕДЕНИЯ**

*Лабораторные работы по курсу "Основы станковедения"  
для студентов 3, 4 курса всех форм обучения  
специальности 120100*

Тамбов

◆ Издательство ТГТУ ◆  
2004

УДК 621.9.022:621.83.061.1(075.5)

ББК К63я73-5

О64

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т

Кандидат технических наук, профессор ТГТУ  
*А.А. Коптев*

С о с т а в и т е л и:

*В.А. Ванин, В.Х. Фидаров, В.К. Лучкин*

О64 Основы станковедения: Лаб. работы / Сост.: В.А. Ванин, В.Х. Фидаров, В.К. Лучкин. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004.  
40 с.

Лабораторные работы по курсу "Основы станковедения" содержат методические указания по их выполнению.

Работы предназначены для студентов 3, 4 курса всех форм обучения специальности 120100.

УДК 621.9.022:621.83.061.1(075.5)  
ББК К63я73-5

© Тамбовский государственный  
технический университет (ТГТУ), 2004

Учебное издание

## **ОСНОВЫ СТАНКОВЕДЕНИЯ**

Лабораторные работы

С о с т а в и т е л и:

ВАНИН Василий Агафонович  
ФИДАРОВ Валерий Хазбиевич  
ЛУЧКИН Вячеслав Кузьмич

Редактор Т. М. Федченко  
Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

Подписано к печати 29.04.2004  
Формат 60 × 84 / 16. Бумага газетная. Печать офсетная  
Гарнитура Times New Roman. Объем: 2,32 усл. печ. л.; 2,30 уч.-изд. л.  
Тираж 170 экз. С. 337

Издательско-полиграфический центр  
Тамбовского государственного технического университета  
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

## Лабораторная работа № 1

Составление кинематической схемы коробки скоростей станка с "натуры"

### Цель работы:

- 1 Ознакомиться с внутренним устройством коробки скоростей "в натуре".
- 2 Научиться самостоятельно разбираться в назначении механизмов и определять их взаимосвязь при работе станка.
- 3 Получить практические навыки составления кинематической схемы коробки скоростей с учетом условных обозначений элементов кинематических цепей.
- 4 Научиться выполнять необходимые замеры.
- 5 Усвоить такие понятия, как передаточное отношение, модуль зацепления, условные обозначения, применяемые при вычерчивании кинематических схем.


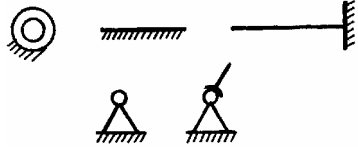
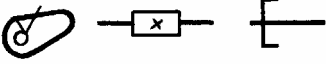
### Задание:

- 1 Составить (с натуры) кинематическую схему коробки скоростей.
- 2 Определить основные элементы кинематических пар (диаметры шкивов, числа зубьев и модули зубчатых колес).

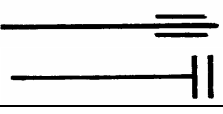
### Условные обозначения элементов кинематических цепей

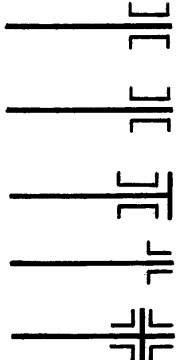
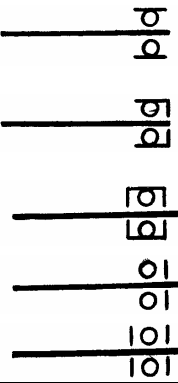
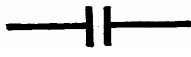
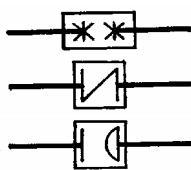
При составлении кинематической схемы коробки скоростей необходимо пользоваться условными изображениями деталей и механизмов станков по ГОСТ 2.770-68 и СТ СЭВ 2519-80 (табл. 1).

ТАБЛИЦА 1

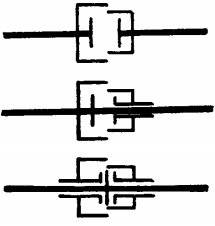
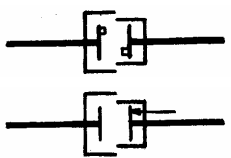


№ п/п	Наименование	Условное обозначение
1	Вал, валик, ось, стержень, шатун и т.п.	
2	Неподвижное звено (стойка). Для указания неподвижности любого звена часть его контура покрывают штриховкой	
3	Неподвижное соединение детали с валом, стержнем	

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 1

№ п/п	Наименование	Условное обозначение
4	Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа): а) радиальные б) упорные	
5	Подшипники скольжения:	

	а) радиальные б) радиально-упорные: – односторонние – двусторонние в) упорные: – односторонние – двусторонние	
6	Подшипники качения: а) радиальные б) радиально-упорные: – односторонние – двусторонние в) упорные: – односторонние – двусторонние	
7	Муфта. Общее обозначение без уточнения типа	
8	Муфта нерасцепляемая (неуправляемая): – глухая – упругая – компенсирующая	

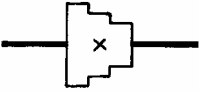
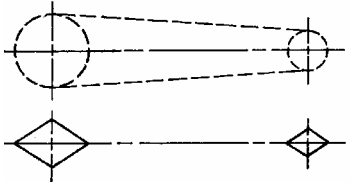
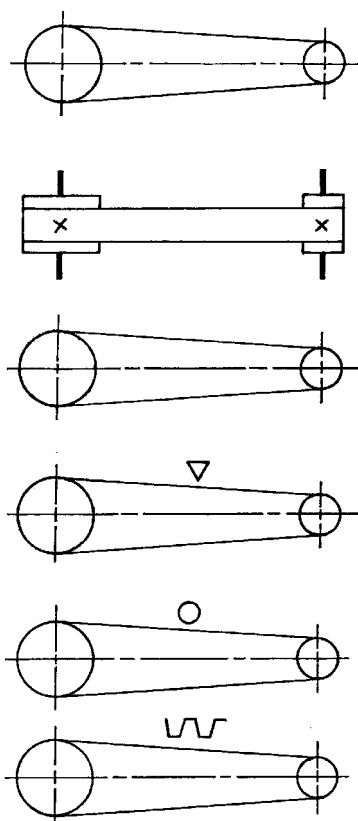
ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 1

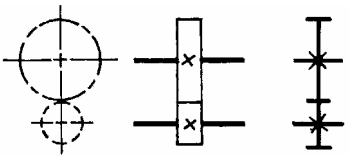
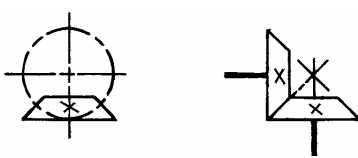
№ п/п	Наименование	Условное обозначение
9	Муфта сцепляемая (управляемая): – общее обозначение – односторонняя – двусторонняя	
10	Муфта сцепляемая механическая: – синхронная, зубчатая – асинхронная, фрикционная	
11	Муфта сцепляемая электрическая	
12	Муфта сцепляемая гидравлическая или пневматическая	

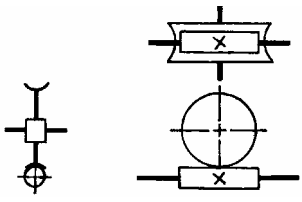

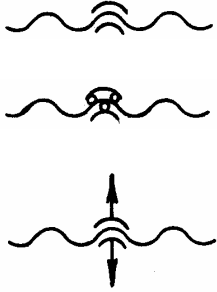
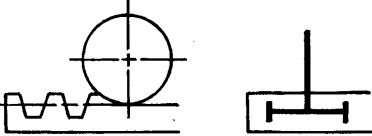
13	Муфта автоматическая (самодействующая): – общее обозначение – обгонная (свободного хода) – центробежная фрикционная предохранительная – с разрушаемым элементом – с неразрушаемым элементом	
14	Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа	

ПРОДОЛЖЕНИЕ ТАБЛ. 1

№ п/п	Наименование	Условное обозначение
15	Кулачки плоские: – продольного перемещения – вращающиеся – вращающиеся пазовые	
16	Кулачки барабанные: – цилиндрические – конические – криволинейные	
17	Храповые зубчатые механизмы с зацеплением: – наружным, односторонние – внутренним, односторонние – наружным, двусторонние – реечным	

№ п/п	Наименование	Условное обозначение
18	Шкив ступенчатый, закрепленный на валу	
19	Передача цепью. Общее обозначение без уточнения типа цепи	
20	Передача ремнем: – без уточнения типа ремня  – плоским  – клиновидным  – круглым  – зубчатым	

№ п/п	Наименование	Условное обозначение
21	Передачи зубчатые (цилиндрические). Внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)	
22	Передачи зубчатые с пересекающимися валами и конические. Общее обозначение без уточнения типа зубьев	

23	Червячные передачи с цилиндрическим червяком	
24	Винт, передающий движение	
25	Гайка на винте, передающим движение: – неразъемная  – неразъемная с шариками  – разъемная	
26	Передачи зубчатые ременные. Общее обозначение без уточнения типа зубьев	

### Порядок выполнения работы

- 1 Ознакомиться с правилами техники безопасности.
- 2 Ознакомиться с устройством коробки скоростей и определить назначение и принцип действия каждого механизма.
- 3 Проследить пути передачи движения от электродвигателя к шпинделю коробки скоростей.
- 4 Определить механизмы, с помощью которых изменяются частоты вращения шпинделя; изучить устройство этих механизмов и способы управления ими.
- 5 Внимательно осмотреть и определить тип, устройство и расположение опор всех валов.
- 6 Пользуясь условными обозначениями, последовательно (по пути передачи движения от электродвигателя к шпинделю) составить эскизную кинематическую схему коробки скоростей, выдерживая соотношение размеров деталей в приблизительном масштабе, т.е. сохраняя пропорцию деталей, соблюдая толщину линий элементов кинематических цепей.
- 7 Изобразить на схеме опоры валов, показав соответствующим условным обозначением, какой тип подшипника поддерживает каждый конец вала.
- 8 Последовательно, начиная от источника движения, определить параметры звеньев каждой кинематической пары: диаметры шкивов, числа зубьев и диаметры зубчатых колес.
- 9 Определить модули зубчатых колес.

Модули зубчатых колес  $m$  можно определить по следующим формулам:

$$m = \frac{P}{\pi}; \quad m = \frac{h}{2,25}; \quad m = \frac{D_{\text{нар}}}{(z + 2)},$$

где  $P$  – шаг зубчатого зацепления, мм;  $z$  – число зубьев зубчатого колеса;  $h$  – высота зуба зубчатого колеса, мм.

Наружные диаметры зубчатых колес  $D_{\text{нар}}$  можно измерить штангенциркулем.

Н а п р и м е р:

при  $z = 40$



$$D_{\text{нар}} = 125,5 \text{ мм}, \quad m = \frac{125,5}{(40+2)} = 2,98 \text{ мм}$$

по ГОСТ округляем до  $m = 3$  мм.

Таким образом определяются модули всех остальных зубчатых колес в коробке скоростей.

Расчеты, связанные с определением модулей и подсчетом зубьев зубчатых колес, сводятся в табл. 2.

Таблица 2

Обозначение	Количество зубьев	Наружный диаметр $D_{\text{нар}}$ , мм	Модуль зацепления $m$ , мм
Вал I			
Вал II			
Вал III			
Вал IV			
Вал V			
Вал VI			

#### Содержание отчета

- 1 Кинематическая схема коробки скоростей.
- 2 На кинематической схеме проставить диаметры шкивов, числа зубьев и модули зубчатых колес.
- 3 Заполнить таблицу 2.

#### Рекомендуемая литература

- 1 ГОЛОФТЕЕВ С.А. ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО КУРСУ "МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ". М., 1991.
- 2 Чернов Н.Н. Металлорежущие станки. М., 1988.

## Лабораторная работа № 2

### СПОСОБЫ ПОДБОРА СМЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

#### Цель работы:

изучить распространенные в практике существующие способы подбора сменных колес; научиться выполнять необходимые расчеты, связанные с подбором зубчатых колес.

### Задание.

Настроить станок для выполнения процесса обработки с заданными режимами резания, подсчитать необходимое отношение настраиваемых цепей.

### Порядок выполнения работы

1 Изучить применяемые способы подбора зубчатых сменных колес.

2 По заданию преподавателя подобрать сменные шестерни для гитары 4–5 способами.

Исходными данными для задания может быть либо абсолютное значение передаточного отношения, например,  $i = 0,678321$ , либо в виде простой дроби, например,  $i = \frac{171}{473}$ , либо технологическое задание, например, настроить гитару сменных колес винторезной цепи токарно-винторезного станка для нарезания дюймовой резьбы на станке, имеющем метрический винт и т.д.

3 Преподаватель должен показать гитары сменных колес на станках, имеющихся в лаборатории.

4 Установку подобранных сменных колес произвести на станках, имеющихся в лаборатории, по указанию преподавателя.

### СПОСОБЫ ПОДБОРА СМЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС

Задача подбора сменных зубчатых колес состоит в том, чтобы определить числа зубьев ведущих и ведомых колес, которые необходимо установить в звене настройки для получения требуемого передаточного отношения. Настройка скоростных цепей, цепей подач, деления и т.п. осуществляется с помощью гитар сменных колес.

Гитарой называется механизм в виде однопарной или двухпарной передачи сменных колес, обеспечивающий соответствующее сцепление. При помощи гитары сменных колес в станках устанавливается необходимая взаимосвязь движения инструмента и заготовки. Подбор чисел зубьев сменных колес для обеспечения заданных параметров движения требуемой точности является одним из важных элементов настройки кинематических цепей станков.

Обычно при подборе сменных колес передаточное отношение задается либо в виде многозначной десятичной, либо простой дроби, числитель и знаменатель которой можно разложить на простые множители. Подбор сменных колес на гитары скоростей производится приближенно, гитар деления, дифференциала – весьма точно.

Приближенное передаточное отношение может быть использовано в случае, когда погрешность в расчетном перемещении будет находиться в допустимых по точности пределах. Погрешность расчетного перемещения определяется по погрешности передаточного отношения.

При нарезании резьбы гитара сменных колес должна быть рассчитана таким образом, чтобы за оборот шпинделя суппорт переместился в продольном направлении на величину шага нарезаемой резьбы  $1 \text{ об. шп.} \rightarrow t_{н.р.}$  и передаточное отношение гитары будет равно  $i$ .

Положим, что вместо точного отношения  $i$  на гитаре сменных колес установлено приближенное передаточное отношение  $i_1$ . Тогда абсолютная погрешность передаточного отношения будет определяться выражением  $\Delta i = i - i_1$ , а относительная погрешность  $\delta = \frac{i - i_1}{i}$ .

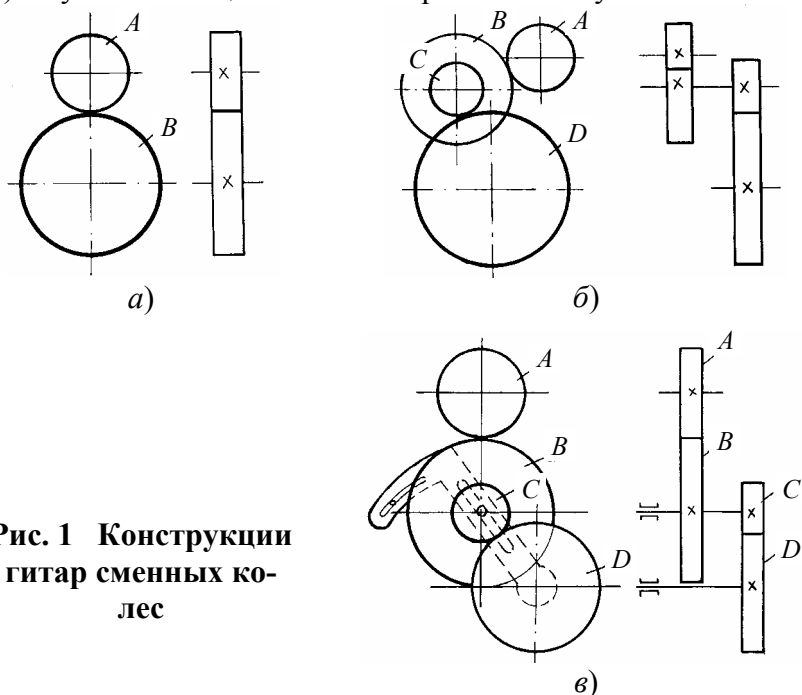
При передаточном отношении сменных колес, равном  $i$ , шаг нарезаемой резьбы  $t_{н.р.} = i t_{х.в.}$ . Если же передаточное отношение будет равно  $i_1$ , то шаг нарезаемой резьбы определится  $t'_{н.р.} = i_1 t_{х.в.}$ . Погрешность в шаге нарезаемой резьбы составит  $\Delta t_{н.р.} = t_{н.р.} - t'_{н.р.} = t_{х.в.}(i - i_1)$ . Учитывая, что  $t_{х.в.} = t_{н.р.} / i$ , получим:  $\Delta t_{н.р.} = \delta t_{н.р.}$ , т.е. погрешность расчетного перемещения равна произведению его величины на относительную погрешность передаточного отношения.

Погрешность расчетного перемещения не должна выходить за пределы допуска на изготовление. Это обстоятельство предъявляет высокие требования к точности подсчета числа зубьев сменных колес.

В металлорежущих станках применяются следующие конструкции гитар сменных колес.

- Однопарная гитара с постоянными валами (рис. 1, а) состоит из двух валов, выведенных на передаточной коробке, на которых устанавливаются сменные колеса. Такие гитары обладают небольшими кинематическими возможностями, так как сумма чисел зубьев сопряженных колес здесь постоянна, но они могут передавать большие нагрузки и поэтому применяются главным образом в цепях скорости ре-

зания и в сильно нагруженных цепях подач. К ним прилагается небольшой набор сменных колес – (6 – 8) штук. С помощью таких гитар можно получить 3–4 повышающих и 3–4 понижающих настройки.



**Рис. 1** Конструкции гитар сменных колес

- Двухпарные гитары с постоянными расстояниями между валами (рис. 1, б) позволяют получить большее число настроек. К таким гитарам прилагается больше сменных зубчатых колес, но и ее кинематические возможности небольшие.

- Гитара с передвижным промежуточным валом (рис. 1, в). В этом случае на ведущую или ведомую ось устанавливается плита с двумя пазами: радиальным и дуговым. Промежуточный вал, устанавливаемый па плитой, может иметь радиальное и дуговое перемещение.

К таким гитарам дается очень большой набор сменных зубчатых колес (до 70 штук), причем эти колеса могут сцепляться друг с другом в любом сочетании. Такие гитары обладают неограниченными кинематическими возможностями как в смысле настроек, так и в отношении точности подбора, но они не могут передавать большие нагрузки из-за нежесткости конструкций. Если требуется передавать большие нагрузки через гитары, то последние делают не передвижными, а с переставными осями, которые вращиваются в резьбовые гнезда на стенке станины.

Существуют следующие способы подбора сменных колес.

#### 1 Способ разложения на простые сомножители

При этом способе передаточное отношение сменных колес стремятся разложить на простые множители, затем сокращают, вводят дополнительные множители и т.д., комбинируя их так, чтобы получить числа зубьев шестерен, имеющихся в комплекте сменных зубчатых колес.

Пример:

$$i = \frac{z_1 \cdot z_3}{z_2 \cdot z_4} = \frac{299}{396} = \frac{(13 \cdot 23) \cdot 5}{(2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3 \cdot 11) \cdot 5} = \frac{65}{90} \cdot \frac{115}{110}$$

$$i = \frac{156}{322} = \frac{2 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 13}{2 \cdot 7 \cdot 23} = \frac{(2 \cdot 3) \cdot 5 \cdot 13 \cdot 5}{(7 \cdot 5) \cdot 5 \cdot 23} = \frac{30}{35} \cdot \frac{65}{115}$$

#### 2 Замена часто встречающихся отношений их приближенными значениями

Этот способ применяется для подбора сменных колес при нарезании дюймовых, модульных, питчевых резьб на станках, у которых шаг ходового винта выражается в миллиметрах или при нарезании метрических резьб на станках на 1 дюйм. В этом случае передаточное отношение сменных колес содержит в себе какой-либо из сомножителей:  $\pi$ ;  $25,4\pi$ ;  $\frac{\pi}{25,4}$ ;  $25,4$ .

Если шаг нарезаемой резьбы или шаг ходового винта выражен в нитках на дюйм, то в передаточное отношение вводится число 25,4, которое выражается в виде отношения целых чисел

$$25,4 = \frac{127}{5} = \frac{18 \cdot 24}{17} \cdot (0,46) = \frac{40 \cdot 40}{7 \cdot 9} \cdot (0,12) = \frac{11 \cdot 30}{13} \cdot (0,61) .$$

Числа в скобках указывают погрешность перемещения в миллиметрах на длине одного метра. Шаг модульных резьб выражается числом  $t = \pi m$ , поэтому в передаточное отношение вводится число  $\pi$ , которое можно представить как отношение целых чисел.

$$\begin{aligned} \pi &= \frac{22}{7} \cdot (0,04) = \frac{32 \cdot 27}{25 \cdot 11} \cdot (0,07) = \frac{19 \cdot 21}{127} \cdot (0,04) = \frac{25}{22} \cdot \frac{47}{17} \cdot (0,04) = \\ &= \frac{8 \cdot 97}{13 \cdot 19} \cdot (0,03) = \frac{13 \cdot 29}{4 \cdot 30} \cdot (0,02) = \frac{5 \cdot 71}{113} \cdot (0,00006) . \end{aligned}$$

При нарезании модульных резьб на станке с дюймовым ходовым винтом применяется отношение  $\frac{\pi}{25,4}$ , которое можно представить в виде

$$\begin{aligned} \frac{\pi}{25,4} &= \frac{22}{7} \cdot \frac{127}{5} \cdot (0,4) = \frac{21 \cdot 19}{5} \cdot (0,05) = \frac{10 \cdot 17 \cdot 23}{7 \cdot 7} \cdot (0,01) = \\ &= \frac{128}{7} \cdot \frac{48}{11} \cdot (0,05) = \frac{330 \cdot 22}{7 \cdot 13} \cdot (0,2) = \frac{27 \cdot 65}{2 \cdot 11} \cdot (0,3) = \frac{30 \cdot 125}{47} \cdot (0,11) . \end{aligned}$$

### 3 Способ Кнуппе

Этот способ приближенный и основан на том свойстве дробей, что величина дроби, близкой к единице, не изменится, если к числителю и знаменателю дроби прибавить или вычесть одинаковую величину. По этому способу заданное передаточное отношение разбивается на произведение двух дробей так, чтобы первая дробь была более простой и примерно равной заданной, а тогда вторая дробь будет близка к единице и ее видоизменяют путем прибавления или вычитания к числителю и знаменателю одного и того же числа.

Если необходимо подобрать сменные зубчатые колеса для передаточного отношения  $i = \frac{A}{B}$  и точный подбор невозможен, то допускают, что передаточное отношение  $i = \frac{A \mp P}{B \mp P}$  очень близко к заданному.

Абсолютная погрешность составляет

$$\Delta i = i - i_1 = \frac{A}{B} - \frac{A \pm P}{B \pm P} = \frac{A(B \pm P) - B(A \pm P)}{B(B \pm P)} \approx \pm \frac{P(A - B)}{B^2} .$$

Относительная погрешность

$$\frac{\Delta i}{i} = \pm \frac{P(A - B)}{B \cdot A} ,$$

т.е. погрешность тем меньше, чем меньше число  $P$  и разность  $A - B$ , т.е. дробь  $\frac{A}{B}$  должна быть близкой к единице. Если  $i$  значительно отличается от 1, то вводят добавочные множители и преобразуют дробь так, чтобы  $i = \frac{C}{D} \cdot \frac{A}{B}$ , где  $\frac{A}{B} \approx 1$ ,  $\frac{C}{D}$  – простая дробь.

Пример:

$$t_{н.р.} = \frac{3''}{37} ; \quad t_{х.в.} = \frac{1}{2''} ;$$

$$X = \frac{t_{\text{н.п.}}}{t_{\text{х.в.}}} = \frac{3}{37}; \quad \frac{1}{2''} = \frac{3}{37} \cdot \frac{2}{1} = \frac{6}{37} \cdot \frac{6}{6} = \frac{36}{37} \cdot \frac{1}{6};$$

$$X = \frac{36}{37} \cdot \frac{1}{6} = \frac{(36-1)}{(37-1)} \cdot \frac{1}{6} = \frac{35}{36} \cdot \frac{1}{6} = \frac{5}{49} \cdot \frac{7}{6} = \frac{2,5}{9} \cdot \frac{3,5}{6} = \frac{25}{90} \cdot \frac{35}{60}.$$

#### 4 Способ подбора по таблицам М.В. Сандакова

Этот способ применяется, когда требуется высокая точность настройки (точность передаточного отношения до 6-го знака после запятой). В таблицах передаточные отношения заданы в виде правильных десятичных дробей с 6 – 10 знаками после запятой.

Если передаточное отношение  $i > 1$ , то берется обратная дробь, затем по таблицам отыскивается равное или ближайшее значение, а рядом в графе – соответствующую ему простую дробь. Числитель и знаменатель этой дроби необходимо разложить на простые множители по таблицам, приведенным в конце книги [3], и затем определяются числа зубьев сменных колес.

Пр и м е р:

$i = 0,55517$ . Из [3] выбираем значение

$$i = 0,55517 = \frac{161}{290} = \frac{7 \cdot 23}{2 \cdot 5 \cdot 29} = \frac{7 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 23}{2 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 29 \cdot 2} = \frac{70 \cdot 23}{50 \cdot 58},$$

так как пятковым набором нельзя осуществить настройку, выбирается следующее значение

$$i = 0,55519 = \frac{171}{308} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 19}{2 \cdot 2 \cdot 7 \cdot 11} = \frac{45 \cdot 95}{70 \cdot 110}.$$

Погрешность настройки

$$\Delta i = 0,55519 - 0,55517 = -0,00002,$$

$$\delta = \frac{\Delta i}{i} = -\frac{0,00002}{0,55519} = -0,000036.$$

Ошибка в миллиметрах на один метр длины составляет

$$\Delta L = -0,000036 \cdot 1000 = -0,036 \text{ мм.}$$

#### 5 Метод В.А. Шишкова

Этот способ основан на том, что передаточные отношения находятся табличным способом.

В таблицах для всех значений  $i = \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z_3}{z_4}$  вычислены логарифмы передаточных отношений, а их вели-

чины  $\lg i$  расположены в виде таблицы возрастающих значений  $\lg i$ , которые соответствуют определенным сочетаниям зубчатых колес ( $z_1$  и  $z_3$ ) и ( $z_2$  и  $z_4$ ).

Для любого требуемого передаточного отношения  $i$  в таблице находят числа зубьев всех четырех колес, отыскав в ней значения  $\lg i$ , близкие к  $\lg i$  табличным.

	A	B	C	D
0,41814	35	90	75	110
0,41841	35	90	65	127
0,41860	35	90	65	120
0,41877	35	90	65	115

Передаточные отношения должны быть правильной дробью; в случае, если дробь неправильная находят логарифм обратной величины.

Пр и м е р:

$$i = 0,83276; \quad \lg i = \bar{1},92052 = -0,07949$$

По справочнику для  $\lg i = -0,07949$  находим  $i = \frac{40}{45} \cdot \frac{89}{95}$ .

### 6 Метод непрерывных дробей

Отношение  $\frac{A}{B}$  любых целых чисел может быть выражено в виде дроби, имеющей вид

$$\frac{A}{B} = a_0 + \frac{1}{\frac{a_1}{a_2} + \dots + \frac{1}{\frac{1}{a_{n-1}} + \frac{1}{a_n}}},$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – целые положительные числа.

Выражения такого вида называются непрерывными или цепными дробями. Чтобы превратить обыкновенную дробь в непрерывную, нужно разделить числитель на знаменатель дроби. Получается первое частное и первый остаток. Затем делится знаменатель дроби на первый остаток, получается второе частное и второй остаток и т.п. Сопоставляется непрерывная дробь, причем последовательные частные будут знаменателями непрерывной дроби.

Пр и м е р:

Превратим число 1,111765 в непрерывную дробь, для этого необходимо числитель разделить на знаменатель, получим первое частное и первый остаток.

1,111765 : 1 000 000 = 1 (частное) 111 765 (1-й остаток), затем делим знаменатель на 1-й остаток  
 1 000 000 : 111 765 = 8 (2-е частное), 105 880 (2-й остаток). Делим первый остаток на второй остаток 111 765 : 105 880 = 1 (3-е частное) 5885 (3-й остаток). Делим второй остаток на третий остаток 105 880 : 5885 = 17 (4-е частное) 5835 (4-й остаток). Делим третий остаток на четвертый остаток 5885 : 5835 = 1 (5-е частное) 50 (5-й остаток). Делим четвертый остаток на пятый остаток 5835 : 50 = 116 (6-е частное) 35 (6-й остаток).

Определяется непрерывная дробь

$$1,111765 = 1 + \frac{1}{8 + \frac{1}{17 + \frac{1}{1 + \frac{1}{116}}}}$$

Чтобы подобрать делительные шестерни, непрерывную дробь обращают в подходящую, т.е. непрерывную дробь, в которой, начиная с какого-то члена, отбрасывают все члены и прерванную таким образом дробь превращают в обыкновенную:

$$1) \ 1; \quad 2) \ 1 + \frac{1}{8} = \frac{9}{8}.$$

Чтобы получить следующую подходящую дробь надо числитель и знаменатель подходящей предыдущей дроби умножить на знаменатель последнего члена прерванной дроби и прибавить к числителю произведения – числитель, а к знаменателю произведения – знаменатель второй предыдущей подходящей дроби.

$$1 + \frac{1}{8 + \frac{1}{1}} = \frac{(9 \cdot 1) + 1}{(8 \cdot 1) + 1} = \frac{10}{9},$$

$$1 + \frac{1}{8 + \frac{1}{1 + \frac{1}{17}}} = \frac{(10 \cdot 17) + 9}{8 + 1(9 \cdot 17) + 8} = \frac{179}{161},$$

$$1 + \frac{1}{8 + \frac{1}{1 + \frac{1}{17 + \frac{1}{1}}}}} = \frac{(179 \cdot 1) + 10}{8 + 1(161 \cdot 1) + 9} = \frac{189}{170},$$

$$1 + \frac{1}{8 + \frac{1}{1 + \frac{1}{17 + \frac{1}{1 + \frac{1}{116}}}}}} = \frac{(189 \cdot 116) + 179}{(170 \cdot 116) + 161} = \frac{22\,103}{19\,881}.$$

Имеем ряд подходящих дробей:

$$1, \frac{9}{8}, \frac{179}{161}, \frac{189}{170}, \frac{22\,103}{19\,881}.$$

Для подбора сменных шестерен можно пользоваться любой подходящей дробью, но так как каждая последующая дробь будет ближе к значению непрерывной дроби, то беря последующую подходящую дробь, ошибка при подборе будет меньше. Ошибка определяется как частное от деления на произведение последовательных подходящих дробей.

$$\frac{9}{8} \text{ ошибка } \frac{1}{9 \cdot 8} = \frac{1}{72}, \quad \frac{10}{9} \text{ ошибка } \frac{1}{161 \cdot 9} = \frac{1}{1449},$$

$$\frac{179}{161} \text{ ошибка } \frac{1}{161 \cdot 170}.$$

Остановимся на дроби  $\frac{189}{170}$

$$\frac{189}{170} = \frac{3 \cdot 63}{2 \cdot 5 \cdot 17} = \frac{3 \cdot 63 \cdot 20}{2 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 20} = \frac{3 \cdot 63 \cdot 20}{5 \cdot 10 \cdot 17 \cdot 2 \cdot 2} = \frac{60 \cdot 63}{50 \cdot 68}.$$

*Условие сцепляемости зубчатых колес*

После определения числа зубьев сменных зубчатых колес, необходимо проверить возможность их установки на гитаре, чтобы головки зубьев шестерен не задевали валиков, т.е. проверить выполняется ли условие сцепляемости.

Диаметр валов конструктивно принимают  $d_B = 13m$ , где  $m$  – модуль зубчатых колес в миллиметрах.

Для первой пары  $\frac{A}{B}$  наименьшее межцентровое расстояние должно быть больше радиуса шестерни  $C$  плюс радиус вала. Для второй пары  $\frac{C}{D}$  оно должно быть больше, чем радиус шестерни  $B$  плюс радиус вала  $\left(\frac{d_B}{2}\right)$ . Межцентровое расстояние определяется выражением

$$A_{ц_i} = \frac{m(z_i + z'_i)}{2},$$

где  $z_i, z'_i$  – числа зубьев пары сопряженных колес гитары.

Для первой пары  $\left(\frac{A}{B}\right)$

$$\frac{m(A+B)}{2} > \frac{m(C+2)}{2} + \frac{13m}{2}.$$

Для второй пары  $\left(\frac{C}{D}\right)$

$$\frac{m(C+D)}{2} > \frac{m(B+2)}{2} + \frac{13m}{2}$$

или

$$A+B \geq C+15, C+D \geq B+15.$$

Если условие сцепляемости не выполняется, нужно либо заново пересчитать числа зубьев шестерен, либо в некоторых случаях достаточно переставить местами сменные шестерни на гитаре.

Все станки, имеющие узлы настройки в виде гитар, снабжаются набором сменных зубчатых колес. Количество колес определяется степенью точности, с которой требуется произвести подбор передаточных отношений, которые используются в процессе эксплуатации станка.

В станках получили распространение следующие виды наборов:

1) "пятковый" набор – в котором числа зубьев шестерен кратны 5. В нее входят шестерни с числом зубьев 20...120. Кроме того имеются шестерни 47, 63, 97, 127, 152.

2) Четный набор, в котором числа зубьев кратны 2, отличаются друг от друга на 4 зуба, в него входят 2 колеса по 20 зубьев, 24, 28...100. Прилагаются дополнительно колеса с числом зубьев 47, 63, 97, 127, 157.

3) Смешанный набор с числом зубьев от 20 до 127, всего 38 колес.

20, 23, 25, 30, 33, 34, 35, 37, 40, 41, 43, 47,

50, 53, 55, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 75,

80, 83, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100, 120, 127.

*Задание.*

1 Подсчитать колеса гитары для осуществления передаточных отношений:

- по таблицам М.В. Сандакова;
- методом В.А. Шишкова;
- методом непрерывных дробей.

Проверить условия сцепляемости и определить возникшие ошибки в передаточном отношении.

2 Подобрать колеса гитары для нарезания резьбы по данным, указанным в таблице; проверить на условия сцепляемости.



№ варианта	Передаточное отношение	№ варианта	Передаточное отношение
1	0,5875658	16	0,6385580
2	0,6374556	17	0,6474511
3	0,6987581	18	0,2589585
4	0,7385555	19	0,2378515
5	0,7575598	20	0,458711
6	0,8773528	21	0,2121211
7	0,8863517	22	0,4884515
8	0,8965512	23	0,9998724
9	0,8574548	24	0,1654951
10	0,8657578	25	0,1978763
11	0,8677979	26	0,2075969
12	0,3275861	27	0,1114444
13	0,3485613	28	0,1234567
14	0,3594653	29	0,7654321
15	0,4285969	30	0,8515786

Вариант	Ходовой винт			Нарезаемая резьба			
	Число витков на 1" $i_{х.в}$	Шаг $t_{х.в}$ , мм	Число витков на 1" $i_{н.п}$	Шаг $t_{н.п}$ , мм	Модуль $m$ , мм	Питч $p$	Число заходов $k$
1	2			8			
2	4					10	1
3		6		3,25			
4		6			1,5		1
5		6				12	1
6	4			4,5			
7	2				2,75		
8	2					5	1
9		12	11				
10		12		2,75			
11		12			1,75		1
12		12				6	1
13	2			6,5			
14	6				0,75		
15		6	14 1/2				
16	6					14	1
17		6		2,5			
18		12			2		1
19		12				8	1
20	2			3,75			
21	2				1,25		1
22	6					16	1

23		5		2			
24	2				2,5		
25		6		10			
26	4		18				
27		12			4		
28		12				10	1
29	2		3 3/4				
30	4		18				

### Рекомендуемая литература

- 1 Ачеркан Н.С., Гаврюшин А.А., Ермаков В.В. Металлорежущие станки. Т. 1. М.: Машиностроение, 1965.
- 2 Федотенок А.А. Кинематическая структура металлорежущих станков. М.: Машиностроение, 1970.
- 3 Петрик М.М., Шишков В.А. Таблицы для подбора зубчатых колес. М.: Машгиз, 1965.  
Лабораторная работа № 3

## НАСТРОЙКА СУММИРУЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ

### Цель работы:

Ознакомиться с устройством, принципом работы и методикой настройки различных суммирующих механизмов, применяемых в станках и получить практические навыки по их настройке.

### Задание:

- 1 Изучить устройство, принцип работы и методику настройки различных суммирующих механизмов, применяемых в станках.
- 2 Настроить кинематическую цепь станка с суммирующим механизмом для выполнения заданной работы согласно варианту задания.

### Общие сведения о суммирующих механизмах

Для расширения диапазона настройки кинематических цепей в металлорежущих станках применяется суммирование движений. Суммирующие механизмы предназначены для создания на одном исполнительном звене механизма нескольких элементарных движений. Они позволяют изменять скорость каждого элементарного движения, не изменяя скорости остальных слагаемых движений, прекращать любое элементарное движение и создавать его вновь в нужный момент.

В качестве суммирующих механизмов используются дифференциальные, планетарные, червячные, винтовые, реечные передачи. Получение суммирующих движений обеспечивается сообщением одному из звеньев двух или более степеней свободы. Поэтому в суммирующих механизмах всех типов имеется два или несколько входных звена и одно выходное звено, на котором получается алгебраическая сумма движений.

Суммирование движений на одном и том же исполнительном звене в станках применяется для сложения формообразующих движений между собой, формообразующего и деления и т.п.

Суммирование движений используется в следующих случаях:

- когда исполнительному звену необходимо сообщить периодическое вспомогательное движение без прекращения в то же время движения формообразования;
- при получении одной и той же кинематической группой движений от двух двигателей для рабочих и холостых ходов;