

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Витебский государственный технологический университет»

## МЕТАЛЛОРЕЖУЩИЕ СТАНКИ

Методические указания  
к лабораторным работам по курсу  
«Технологическое оборудование»  
для студентов специальности  
1-36 01 01 «Технология машиностроения»

Витебск

2012

УДК 621.9

Металлорежущие станки: методические указания к лабораторным работам по курсу «Металлорежущие станки» для студентов специальности 1 – 36 01 01 «Технология машиностроения».

Витебск: Министерство образования Республики Беларусь, УО «ВГТУ», 2011

Составители: к.т.н., доц. Угольников А.А.,  
асс. Гусаров А.М.,  
асс. Жерносек С.В.

В методических указаниях изложены содержание, порядок выполнения лабораторных работ и индивидуальные варианты заданий. Указания предназначены для студентов специальности 1 – 36 01 01 «Технология машиностроения» по курсу «Металлорежущие станки».

Одобрено кафедрой «Технология и оборудование машиностроительного производства» УО «ВГТУ» 01 ноября 2011 г. Протокол № 3.

Рецензент: к.т.н., доц. Путеев Н.В.  
Редактор: к.т.н., проф. Ольшанский В.И.

Рекомендовано к опубликованию редакционно-издательским советом УО «ВГТУ» «  » \_\_\_\_\_ 2011 г. Протокол №   .

Ответственный за выпуск: Герасимова О.С.

Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»

Подписано к печати \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Уч.-изд. лист. \_\_\_\_\_  
Печать ризографическая. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ № \_\_\_\_\_ Цена \_\_\_\_\_

Отпечатано на ризографе учреждения образования «Витебский государственный технологический университет».

Лицензия № 02330/0494384 от 16 марта 2009 года.  
210035, г. Витебск, Московский пр., 72.

## Содержание

Лабораторная работа № 1 .....	4
Лабораторная работа № 2 .....	9
Лабораторная работа № 3 .....	15
Лабораторная работа № 4 .....	23
Лабораторная работа № 5 .....	36
Лабораторная работа № 6 .....	46
Лабораторная работа № 7 .....	61

# Лабораторная работа № 1

## Паспортизация станка

*Цель работы:* изучение методики и порядка составления паспортов металлорежущих станков.

### 1.1 Основные положения и содержание работы

Рациональное использование станка неосуществимо без исчерпывающих сведений о его назначении, принципе действия и устройстве. Паспорт станка является основным техническим документом, характеризующим технологические возможности, кинематические, динамические и эксплуатационные данные и конструктивные особенности металлорежущего станка.

Паспорт металлорежущего станка используется при разработке технологических процессов и установлении норм времени, при проектировании и реконструкции цехов и заводов, при планировании и организации производства, при настройке, ремонте и модернизации станка.

На машиностроительных заводах находят применение паспорта двух видов: сокращенные, предназначенные для технологов и нормировщиков, и полные — для всех служб завода. Полные паспорта разрабатываются заводом-изготовителем и прилагаются к станку вместе с другой документацией. Сокращенные паспорта могут быть составлены на основе имеющейся документации или при ее отсутствии с помощью соответствующих замеров и эскизирования имеющегося станка. В состав сокращенного паспорта входят общие сведения о станке и основные данные станка.

Основной задачей лабораторной работы является составление сокращенного паспорта универсального станка (заточного или фрезерного).

### 1.2 Порядок выполнения работы

Все данные, полученные в результате замеров и расчетов, заносятся в соответствующие графы паспорта станка, выполненного по рекомендациям единой формы паспортов металлорежущих станков, действующих на станкостроительных заводах.

#### 1.2.1 Общие сведения о станке

Графы — тип станка, модель, шифр станка по классификации, завод-изготовитель, заводской номер, год выпуска, класс точности — заполняются по данным, имеющимся на станке. Для определения типа и шифра станка можно использовать таблицу 1 [1, с. 16] или таблицу 2 [2, с. 25].

Графы — инвентарный номер, завод, цех, место установки, время пуска в эксплуатацию, особая приспособленность станка — относятся к предприятию, где установлен станок. Вес станка определяется ориентировочно. Габаритные размеры измеряются между крайними точками, при выдвинутых в предельное

положение подвижных рабочих органах станка. Результаты замеров округляются до 10 мм.

### **1.2.2 Основные данные**

Наибольший размер устанавливаемого изделия определяется размером стола и величиной вертикального перемещения стола или шпинделя режущего инструмента без учета расстояния, необходимого для помещения режущего инструмента. При обработке тел вращения определяется наибольший диаметр и длина устанавливаемых изделий в центрах бабок или делительных головок.

Высота центров центровых бабок измеряется по перпендикуляру от линии центров до плоскости стола.

Наибольший диаметр устанавливаемого изделия принимается равным двум высотам центров центровых бабок.

Для замера наибольшей длины устанавливаемого в центрах изделия центровые бабки устанавливаются в крайние положения (без свешивания со стола) и вдвигаются пиноли до отказа.

Для замера расстояния между осью шлифовальных кругов (фрез) и линий центров необходимо:

- 1) для заточного станка — предварительно установить ось шпинделя шлифовального круга параллельно (перпендикулярно) оси центров (повернуть головку);
- 2) для фрезерного станка — установить ось шпинделя фрезы поочередно в горизонтальной плоскости и в вертикальной плоскости (повернуть головку).

### **1.2.3 Стол**

Размеры рабочей поверхности стола определяются непосредственным измерением масштабной линейкой.

Наибольшее перемещение определяется замерами крайних положений стола.

Перемещение на одно деление лимба рассчитывается как частное от деления шага ходового винта на число делений лимба. Если шаг винта неизвестен, рукоятке сообщают несколько полных оборотов (обычно 10) и замеряют перемещение стола. Делением замеренной величины на число сообщенных оборотов определяют перемещение на один оборот лимба или величину шага ходового винта (если рукоятка и винт соединены без промежуточной передачи). Лучшим способом определения величины перемещения на одно деление лимба (цены деления) является замер с помощью индикатора после поворота лимба на 10, 20 и т. д. делений с последующим делением замеренной величины на число деления.

Угол поворота устанавливается по градуированной шкале от нулевой риски в каждую сторону: плюс — по часовой стрелке, минус — против часовой стрелки.

Быстрое перемещение — указывается, есть или нет, и какое именно направление имеется.

### **1.2.4 Шлифовальная (фрезерная) головка**

Наибольшие перемещения — общие и на один оборот или одно деление лимба, углы поворота определяются так же, как и для данных п. 1.2.3.

Наибольший диаметр шлифовального круга определяется по соответствующему размеру защитного кожуха, фрезы торцовой — по мощности электродвигателя ориентировочно.

Размер конического отверстия шпинделя определяется с помощью калибров или переходных втулок для режущего инструмента. При отсутствии соответствующих калибров система и номер конуса определяются измерением наибольшего диаметра (у торца шпинделя) и длины и сравнением этих данных с табличными значениями. В паспорте станка указывается система и номер конуса.

Число оборотов в минуту определяется тахометром и указывается в порядке возрастающих величин.

### **1.2.5 Универсальная (делительная) головка**

Размеры внутренних конусов определяются по методике, указанной в п. 1.2.4.

Углы поворота определяются по шкалам.

### **1.2.6 Электропривод**

Характеристика электродвигателей снимается с имеющихся табличек. Число оборотов в минуту может быть замерено тахометром.

### **1.2.7 Кинематическая схема**

В методических указаниях представлена кинематическая схема токарного, фрезерного и зубофрезерного станков. При выполнении работы необходимо составить также компоновочные схемы указанных станков.

### **1.2.8 Эскиз расположения органов управления**

Следует изобразить схему расположения органов управления со стороны рабочего места (вид на станок спереди).

На схеме обозначить номера рукояток сквозной нумерацией и указать в спецификации их наименование и назначение.

## **1.3 Вопросы для самопроверки**

Где используется паспорт станка?

Как определить тип станка из его обозначения?

Сколько видов паспорта обычно имеется на заводе?

Что характеризует паспорт станка?

Что входит в сокращенный паспорт станка?

## 1.4 Содержание отчета

### Титульный лист.

Таблица 1.1 — Сведения о станке

Основные данные
Тип Модель Шифр станка по классификации Класс точности Завод-изготовитель Заводской № Место установки Завод Цех Время пуска в эксплуатацию Место установки станка Вес, кг Габаритные размеры, мм: длина ширина высота
Основные размеры
Наибольшие размеры устанавливаемого изделия (длина × ширина × высота), мм Наибольший диаметр устанавливаемого изделия, мм Наибольшая длина изделия, устанавливаемого в центровых бабках, мм Высота центров, мм Расстояние между центрами делительной головки (универсальной бабки) и задней бабки, мм Расстояние между осью шлифовальных кругов (фрез) и линией центров, мм: в горизонтальной плоскости: наибольшее наименьшее в вертикальной плоскости: выше линии центра ниже линии центра
Стол
Размеры рабочей поверхности, мм: ширина длина Наибольшее перемещение, мм продольное поперечное вертикальное на один оборот лимба: продольного поперечного вертикального на одно деление лимба: продольного поперечного

## Окончание таблицы 1.1

вертикальное Цена деления шкалы поворота, град.
Угол поворота стола в горизонтальной плоскости, град. Размер Т-образного паза, мм Быстрое перемещение
Шлифовальная (фрезерная) головка
Наибольшее перемещение головки, мм: выше линии центров ниже линии центров поперечное на один оборот лимба на одно деление лимба Угол поворота головки, град.: в вертикальной плоскости в горизонтальной плоскости Цена деления шкалы поворота, град. Наибольший диаметр шлифовального круга (фрезы), мм: прямого профиля чашечного (фрезы торцовой) Толщина стенок шлифовального круга, мм: верхней боковой Размер внутреннего конуса шпинделя Количество скоростей Число оборотов в минуту шпинделя
Универсальная (делительная) головка
Размеры внутреннего конуса шпинделя Угол поворота, град. в вертикальной плоскости в горизонтальной плоскости
Приспособления
Перечисляются имеющиеся в наличии приспособления к станку (например, делительная головка, центровые бабки, тиски и пр.)
Электропривод
Станок подключается к сети переменного тока: напряжение, В частота, Гц Электродвигатель: главного привода: тип мощность, кВт число оборотов в минуту другие приводы (указать назначение) тип мощность, кВт число оборотов в минуту Общая установленная мощность, кВт

Кинематическая схема станка.



Эскиз расположения органов управления.  
Заключение.

### Рекомендуемая литература

1. Тепинкичиев, В. К. Металлорежущие станки / В. К. Тепинкичиев. — Москва : Машиностроение, 1973. — 472 с.
2. Колев, Н. С. Металлорежущие станки : учебное пособие для вузов / Н. С. Колев [и др.] — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 1980. — 500 с.

## 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.

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 осуществляется при помощи гитар сменных колес.

Гитарой называется механизм в виде передачи сменных колес, обеспечивающий зацепление. При помощи гитары устанавливается необходимая взаимосвязь движения инструмента и заготовки.

Обычно при подборе сменных колес передаточное отношение задается либо в виде многозначной десятичной, либо простой дроби. Подбор колес нужно производить весьма точно.

Приближенное значение может быть использовано в случае, когда погрешность в расчетном перемещении будет находиться в допустимых пределах.

При нарезании резьбы гитару сменных колес настраивают так, чтобы за один оборот шпинделя суппорт переместился на величину шага резьбы.

Если устанавливается приближенное значение, необходимо считать погрешность. Она определяется по формуле  $\Delta i = i - i_1$ , а относительная погрешность

$$\delta = \frac{i - i_1}{i}.$$

В металлорежущих станках применяются следующие конструкции гитар сменных колес.

Однопарная гитара с постоянными валами состоит из двух валов (рисунок 2.1 а), 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, поэтому применяются главным образом в цепях скорости резания 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.

Двухпарные гитары с постоянными расстояниями между валами (рисунок 2.1 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 (рисунок 2.1 в). В этом случае на ведущую или ведомую ось устанавливается плита с двумя пазами: радиальным и дуговым.

Промежуточный вал, устанавливаемый на плите, может иметь радиальное и дуговое перемещение.

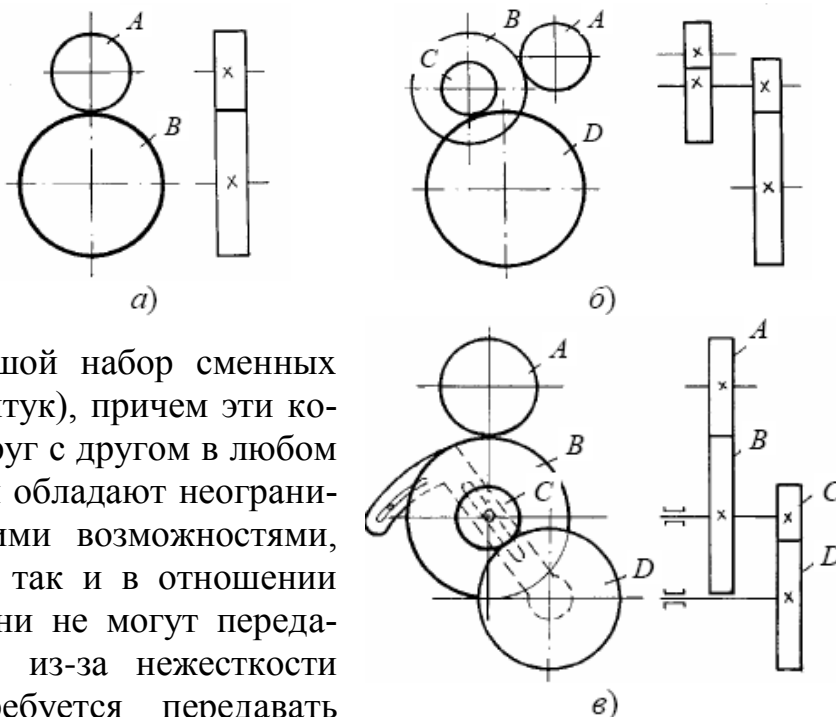


Рисунок 2.1 — Гитара сменных колес

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 конструкции. Если требуется передавать большие нагрузки через гитары, то последние делают не передвижными, а с переставными осями, которые вворачиваются в резьбовые гнезда на стенке станины.

## 2.1 Способы подбора сменных зубчатых колес

### 2.1.1 Метод разложения передаточного отношения на простые сомножители

Применяется когда передаточное отношение представлено в виде простой дроби, числитель и знаменатель которой разлагают на простые сомножители. Затем сокращают, вводят дополнительные множители и т. д., комбинируя их так, чтобы получить числа зубьев шестерен, имеющих в комплекте сменных зубчатых колес.

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{12}{14} = \frac{3 \cdot 4}{2 \cdot 7} = \frac{3(10) \cdot 4(9)}{2(10) \cdot 7(9)} = \frac{30}{20} \cdot \frac{36}{63}$$

### 2.1.2 Метод В.А. Шишкова

Сравнительно просто и с большой точностью можно подбирать сменные колеса гитар, используя специальные таблицы.

Требуется подобрать шестерни для передаточного отношения  $i = 1,602225$ . Для этого необходимо:

1. Находим обратную величину ( $\frac{1}{i} = 0,6241327$ ).
2. Находим в таблице ближайшее значение ( $0,6241218$  — колеса  $\frac{41}{61} \cdot \frac{65}{70}$ ).
3. Учитывая, что решение найдено, для обратной величины меняем местами ведущие и ведомые колеса.

### 2.1.3 Метод непрерывных дробей

Отношение любых целых чисел может выражаться в виде непрерывной дроби.

$$\frac{a}{b} = a_1 + \frac{1}{a_2 + \frac{1}{a_3 + \frac{1}{\dots + \frac{1}{a_{n-1} + \frac{1}{a_n}}}}}$$

Выражение такого вида называется 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:

$$\frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = 1,0970741.$$

Представим число  $1,0970741$  в виде неправильной дроби:

$$1,0970741 = \frac{10970741}{10000000}.$$

Чтобы превратить обыкновенную дробь в непрерывную, нужно разделить числитель на знаменатель получаем первое частное и первый остаток:

$$10970741 / 10000000 = 1 \text{ (первое частное) и } 970741 \text{ (первый остаток).}$$

После этого делим знаменатель на первый остаток:

$$10000000 / 970741 = 10 \text{ (второе частное) и } 292590 \text{ (второй остаток).}$$

Затем делим первый остаток на второй:

$$970741 / 292590 = 3 \text{ (третье частное) и } 92971 \text{ (третий остаток).}$$

Далее делим второй остаток на третий:

$292590 / 92971 = 3$  (четвертое частное) и  $13677$  (четвертый остаток).

Продолжаем делить каждый предыдущий остаток на вновь получаемый:

$92971 / 13677 = 6$  (пятое частное) и  $10909$  (пятый остаток);

$13677 / 10909 = 1$  (шестое частное) и  $2768$  (шестой остаток);

$10909 / 2768 = 3$  (седьмое частное) и  $2605$  (седьмой остаток) и т. д.

Для получения приближенного значения дроби непрерывную дробь прерывают на каком-либо члене, отбрасывая остальные.

В нашем примере, отбросив члены дроби, начиная со второго, получим первое приближение:

1) 1.

Прервав непрерывную дробь на втором члене, получим второе приближение:

2)  $1 + 1/10$ .

Прервав непрерывную дробь на третьем члене, получим третье приближение:

$$3) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3}}$$

Последующие приближения будут иметь вид:

$$4) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3}}};$$

$$5) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{6}}}};$$

$$6) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1}}}}};$$

$$7) 1 + \frac{1}{10 + \frac{1}{3 + \frac{1}{3 + \frac{1}{6 + \frac{1}{1 + \frac{1}{3 \dots}}}}}}.$$

Таким образом имеем ряд дробей:

$1; 11/10; 34/31; 113/103; 712/649; 825/752; 3187/2905$ .

Останавливаясь на отдельных приближенных значениях, необходимо производить разложение на простейшие множители, а затем подбирать соответствующие сменные колеса. Если в числителе стоит простейшее число (например, 3187), то подбор сменных колес производится по ближайшей дроби ( $825 / 752$ ).

$$\frac{825}{752} = \frac{3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 11}{2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 47} = \frac{25}{16} \cdot \frac{33}{47} = \frac{33}{48} \cdot \frac{75}{47}.$$

Последовательное вычисление числителей  $P_k$  и знаменателей  $Q_k$  с помощью неполных частных  $q_k$  можно выполнять в соответствии с таблицей 3.1.

При этом используются следующие зависимости:

- 1)  $P_0 = 1; Q_0 = 0;$
- 2)  $P_1 = q_1; Q_1 = 1;$
- 3)  $P_2 = q_2 P_1 + P_0; Q_2 = q_2 Q_1 + Q_0;$
- 4)  $P_k = q_k P_{k-1} + P_{k-2}, Q_k = q_k Q_{k-1} + Q_{k-2}.$

Таблица 2.1 — Подбор колес методом непрерывных дробей

		$q_1$	$q_2$	...	$q_{n-1}$	$q_n$
$P_k$	$P_0 = 1$	$P_1 = q_1$	$P_2$	...	$P_{n-1}$	$P_n$
$Q_k$	$Q_0 = 0$	$Q_1 = 1$	$Q_2$	...	$Q_{n-1}$	$Q_n$

В результате соответственно имеем ряд дробей:

$$D_k = \frac{P_k}{Q_k} = \frac{q_k P_{k-1} + P_{k-2}}{q_k Q_{k-1} + Q_{k-2}}.$$

Например. Найдем подходящие дроби к десятичной дроби 1,21. Составим таблицу числителей  $P_k$  и знаменателей  $Q_k$ :

Таблица 2.2 — Пример заполнения расчетной таблицы

		1	4	1	3	5
$P_k$	1	1	5	6	23	121
$Q_k$	0	1	4	5	19	100

Подходящие дроби  $\frac{1}{1}; \frac{5}{4}; \frac{6}{5}; \frac{23}{19}; \frac{121}{100}.$

Следует отметить, что числитель и знаменатель любой подходящей дроби — взаимно простые числа, то есть всякая подходящая дробь несократима!

### 2.1.4 Метод подбора по таблицам М.В. Сандакова

Этот способ основан на том, что передаточные отношения находятся табличным способом. В таблицах для всех значений  $i$  вычислены логарифмы передаточных отношений, а их величины  $lg i$  расположены в виде таблицы возрастающих значений  $lg i$ , которые соответствуют определенным сочетаниям зубчатых колес.

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

Передаточное отношение должно быть правильной дробью, в случае, если дробь неправильная, находят логарифм обратной величины.

$$i = 0,83276; \lg i = 1,92052 = -0,07949.$$

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

### 2.1.5 Способ Кнаппе

Этим методом пользуются, если нет таблиц, а передаточное отношение не раскладывается на простые сомножители. Метод основан на том, что к числителю и знаменателю дробей, близких к единице, можно прибавлять (или вычитать) равное число единиц без существенного изменения величины дроби.

Пусть  $i = 111 / 335$ . Разделим эту дробь, получим  $111 / 335 \approx 1/3$ .

Тогда можно записать

$$i = \frac{111}{335} = \frac{1}{3} \cdot \frac{3 \cdot 111}{335} = \frac{1}{3} \cdot \frac{333}{335}.$$

Получили множитель в виде дроби  $333 / 335$ , близкий к единице. Пользуясь сформулированным выше правилом, можно записать:

$$i = \frac{1}{3} \cdot \frac{333}{335} \approx \frac{1}{3} \cdot \frac{333-3}{335-3} = \frac{1}{3} \cdot \frac{330}{332}.$$

Получили дробь, легко разлагающуюся на сомножители. Теперь, пользуясь методом разложения на простые сомножители, подбирают колеса.

### 2.1.6 Условие сцепляемости

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:

$$A + B \geq C + 25; C + D \geq B + 25.$$

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

## 2.2 Задание

Подсчитать колеса гитары для осуществления передаточных отношений:

1. Метод разложения передаточного отношения на простые сомножители (передаточное отношение подбирать до тысячных).
2. Метод В.А. Шишкова.
3. Метод непрерывных дробей.

Проверить условия сцепляемости и определить возникшие погрешности в передаточном отношении.

Таблица 2.3 — Варианты заданий

№	Передаточное отношение	№	Передаточное отношение
1	0,6399925	16	0,3434384
2	0,9433882	17	0,8459489
3	0,2512333	18	0,8536419

### Окончание таблицы 2.3

№	Передаточное отношение	№	Передаточное отношение
4	0,1870223	19	0,9348528
5	0,7575568	20	0,7592979
6	0,8275436	21	0,7421374
7	0,3962340	22	0,4884541
8	0,5232546	23	0,9953129
9	0,4579484	24	0,9268969
10	0,1954915	25	0,9372799
11	0,3322346	26	0,4972926
12	0,3295389	27	0,4565481
13	0,4972279	28	0,7776322
14	0,4594676	29	0,6662551
15	0,5384956	30	0,9739683

### Рекомендуемая литература

1. Ачеркан, Н. С. Металлорежущие станки. В 2 т. Т. 1 / Н. С. Ачеркан, А. А. Гаврюшин, В. В. Ермаков. — Москва : Машиностроение, 1965. — 767 с.
2. Петрик, М. М. Таблицы для подбора зубчатых колес. — 3-е изд. / М. М. Петрик, В. А. Шишков. — Москва : Машиностроение, 1973. — 528 с.

## Лабораторная работа № 3

### Настройка универсальной делительной головки

*Цель работы:* закрепление знаний и получение практических навыков по наладке универсальной делительной головки на выполнение различных технологических операций.

#### 3.1 Основные сведения об универсальной делительной головке

Делительные головки применяют при работе на консольно-фрезерных станках для установки заготовки под требуемым углом относительно стола станка, поворота ее на определенный угол, деления окружности на нужное число частей, а также для непрерывного вращения заготовки при фрезеровании винтовых канавок. Из всех делительных головок наиболее распространены лимбовые универсальные делительные головки.

Шпиндель 3 лимбовой универсальной делительной головки (рисунок 3.1) периодически поворачивают вращением рукоятки 11 через червячную передачу, расположенную в корпусе 5. Рукоятку 11 поворачивают на нужный угол,

который устанавливают с помощью лимба 8, имеющего несколько рядов отверстий, равномерно расположенных на concentрических окружностях. Фиксатор 9 можно вставлять в любое из этих отверстий. Заднюю бабку 1 применяют для работы в центрах. Деталь можно крепить также в патроне, который наворачивают на резьбовой конец шпинделя. Применяют следующие способы наладки универсальной делительной головки: непосредственное, простое и сложное деление.

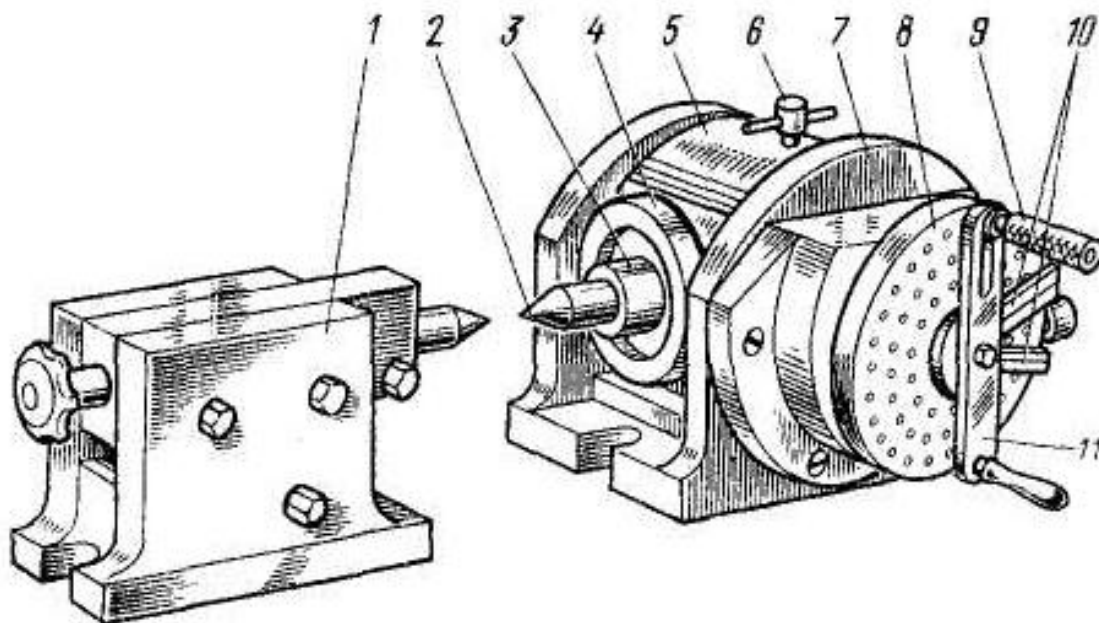


Рисунок 3.1 — Лимбовая универсальная делительная головка:

1 — задний центр; 2 — центр головки; 3 — шпиндель; 4 — диск непосредственного деления; 5 — корпус; 6 — стопор; 7 — основание; 8 — делительный диск; 9 — фиксатор; 10 — раздвижной сектор; 11 — рукоятка

### 3.2 Работа на УДГ

#### 3.2.1 Непосредственный способ деления

При непосредственном способе деления червяк  $1_{\text{зах}}$  (рисунок 3.2 а) выводят из зацепления с червячным колесом  $Z_K = 40$  поворотом рукоятки 11 (см. рисунок 3.1) против часовой стрелки. Деление осуществляется непосредственно поворотом вручную заготовки (шпинделя) на требуемый угол. Угол поворота отсчитывается по градусной шкале диска 4 и нониусу с точностью до  $5'$ .

Угол поворота заготовки определяется по формуле

$$\alpha = \frac{360^\circ}{Z},$$

где  $Z$  — требуемое число делений.

После деления шпиндель УДГ фиксируется от проворота стопором 6 (см. рисунок 3.2).



### 3.2.2 Простой способ деления

При простом способе деления червяк  $1_{\text{зах}}$  (см. рисунок 3.2 б) вводится в зацепление с червячным колесом  $Z_K = 40$ , а делительный диск (лимб)  $D_2$  зафиксирован от поворота стопором 5.

Деление окружности на равные и неравные части производится поворотом рукоятки 1. Величина поворота рукоятки отсчитывается по отверстиям на диске  $D_2$ . После поворота рукоятка фиксируется стержнем фиксатора 2, который вставляется в соответствующие отверстия диска.

Настройка УДГ на простое деление производится по формуле

$$n \cdot \frac{A}{B} = \frac{N}{Z},$$

где  $n$  — целое число оборотов рукоятки;

$\frac{A}{B}$  — дробная часть оборота рукоятки, в которой знаменатель  $B$  — число

отверстий на одной из окружностей диска, а числитель  $A$  — число отверстий, на которое нужно повернуть рукоятку;  $N = 40$  — характеристика УДГ;  $Z$  — требуемое число делений.

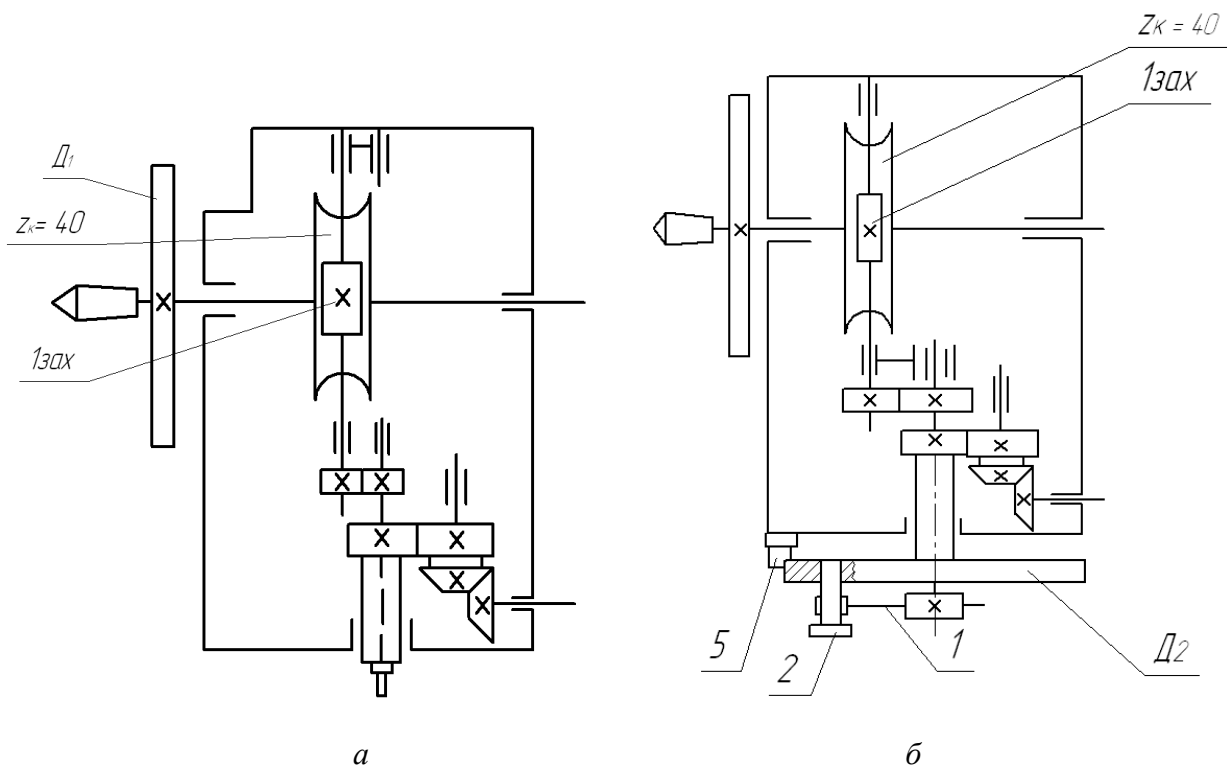


Рисунок 3.2 — Настройка УДГ Н-160: а — для непосредственного деления; б — для простого деления

*Пример:* требуется фрезеровать головку винта, имеющую 6 граней. Определить число оборотов рукоятки УДГ.

$$n \cdot \frac{A}{B} = \frac{N}{Z} = \frac{40}{6} = 6\frac{2}{3}.$$

Для того, чтобы повернуть рукоятку на  $2/3$  оборота, необходимо подобрать такую окружность на делительном диске  $D_2$ , число отверстий которой было бы кратно трем, например, 21, 30, 54. Если взять окружность с 30 отверстиями, то, умножая числитель и знаменатель на 10, получим:

$$n = 6\frac{2}{3} \cdot \frac{10}{10} = 6\frac{20}{30}.$$

Следовательно, после фрезерования каждой грани винта рукоятку УДГ нужно повернуть на 6 полных оборотов и 20 отверстий на окружности с числом отверстий 30.

Простым способом можно разделить заготовку на любое число равных частей до 54 (кроме 51 и 53). На большее число этим способом можно разделить в том случае, когда характеристика головки ( $N = 40$ ) и заданное число частей делится на одно и то же число и знаменатель ( $B$ ) при этом получается равным или кратным одному из чисел отверстий на диске  $D_2$ .

Для удобства отсчета необходимого количества отверстий на диске  $D_2$  имеется раздвижной сектор 10 (рисунок 3.1). Сектор состоит из двух линеек, удерживаемых пружиной от произвольного поворота. Отсчитывая отверстия, заключенные между линейками, следует помнить, что их должно быть на единицу больше расчетного.

### 3.2.3 Дифференциальный способ деления

Деление окружности на заданное число частей свыше 54 и не кратное числу отверстий на делительном диске  $D_2$  производится дифференциальным способом.

Сущность такого способа деления состоит в том, что угол поворота шпинделя (заготовки) определяется величиной поворота рукоятки  $I$  относительно диска  $D_2$  и поворота самого диска, который получает вращение от шпинделя головки через сменные зубчатые колеса гитары. При этом методе червяк  $1_{\text{зах}}$  также должен находиться в зацеплении с червячным колесом  $Z_K = 40$ , стопор 5 отводится назад, освобождая диск  $D_2$ .

Гитара (кронштейн 3) дифференциального деления (рисунок 3.3) устанавливается так, что может быть повернута вокруг оси зубчатого колеса  $d$  и закреплена в нужном положении винтом 4.

Для передачи вращения от шпинделя к сменным колесам гитары и далее диску  $D_2$  в задний конус шпинделя вставляется оправка, на цилиндрической шейке которой устанавливается сменная шестерня  $a$ . Число оборотов рукоятки определяется так же, как и при простом способе, но не для требуемого числа делений  $Z$ , а достаточно близкого к нему  $Z_X$  (для которого применимо простое деление).

С целью компенсации полученной при этом погрешности деления необходимо рассчитать числа зубьев сменных колес  $a, b, c, d$  гитары, чтобы диск  $D_2$  повернулся в нужном направлении на величину ошибки поворота рукоятки.

Передаточное отношение гитары  $i_x$  определяется по формуле

$$i_x = \frac{N}{Z_x} \cdot (Z_x - Z).$$

Если  $i_x$  — положительное, то направление вращения рукоятки и диска совпадают. При отрицательном же — рукоятка и диск должны вращаться в противоположном направлении.

Нужное направление вращения диска  $D_2$  обеспечивается установкой в гитаре паразитной шестерни. Числа зубьев сменных колес из набора рассчитываются с помощью специальных таблиц.

Для установки сменных колес гитара укомплектована передвижными пальцами и переходными втулками. Чтобы сменные колеса не упирались в другие валы и пальцы, т. е. вошли в зацепление и нормально вращались, должно выполняться условие сцепляемости:

$$a + b > c + 20 \div 25 ; c + d > b + 20 \div 25 .$$

Если данное условие не выполняется при выбранной комбинации сменных колес, то нужно поменять местами ведущие колеса и вновь проверить его выполнение.

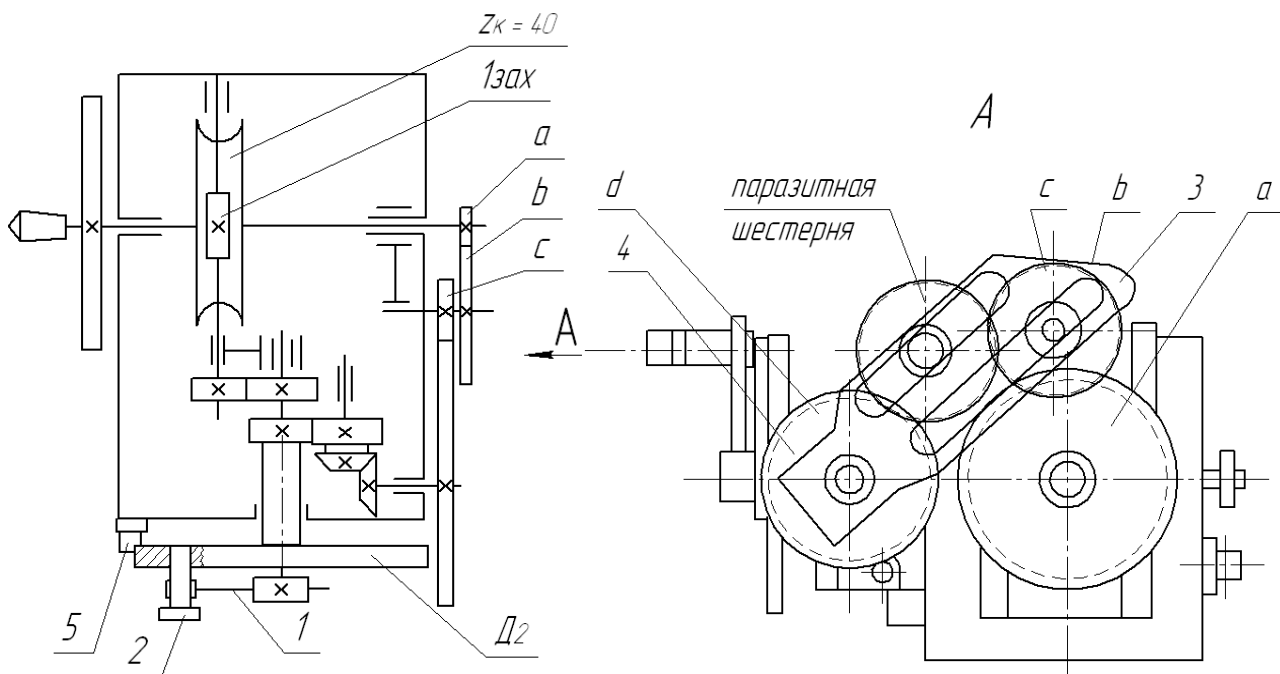


Рисунок 3.3 — Настройка УДГ на дифференциальный способ деления

Далее необходимо проверить погрешность подбора зубчатых колес  $\Delta i$ , которая определяется по формуле и не должна превышать 0,02 % от рассчитанного передаточного отношения гитары  $i_p$ :

$$\Delta i = \pm \frac{(i_p - i_\Phi)}{i_p} \cdot 100\% ,$$

где  $i_\Phi$  — фактическое передаточное отношение гитары.

### 3.3 Настройка делительных головок

#### 3.3.1 Простой способ

Основная характеристика делительной головки — отношение числа зубьев червячного колеса  $z_0$  числу заходов червяка  $z$ .

Для деления заготовки на  $z_{\text{заг}}$  частей необходимо повернуть рукоятку, вращающую червячное колесо на некоторый угол. Угол поворота рукоятки  $l$  (рисунок 3.3) обозначим через  $\frac{b}{a}$ , где  $b$  — неизвестное число отверстий, которое следует отсчитать на выбранной окружности с числом отверстий, равным  $a$ .

Уравнение баланса делительной пени головки имеет вид:

$$\frac{b}{a} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{\text{заг}}} .$$

Откуда получаем формулу настройки:

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z} \cdot \frac{1}{z_{\text{заг}}} .$$

#### Пример простого расчета УДГ

Разделить заготовку на  $z_{\text{заг}} = 64$  на простой лимбовой УДГ, у которой  $z_0 = 80$ ,  $z = 1$ . У первого лимба  $a = 15; 16; 17; 19; 20$ . У второго лимба  $a = 21; 23; 27; 29; 31; 33$ . У третьего лимба  $a = 37; 39; 41; 43; 47; 49$ .

*Решение.* Подставим исходные данные в формулу настройки делительной цепи:

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z} \cdot \frac{1}{z_{\text{заг}}} = \frac{80}{1} \cdot \frac{1}{64} = 1\frac{1}{4} = \left(1 + \frac{5}{20}\right) \text{ оборотов рукоятки.}$$

Полученный результат означает, что для поворота заготовки на  $1/64$  часть необходимо переместить фиксатор 2 на радиус, соответствующий окружности с числом отверстий  $a = 20$ , повернуть рукоятку 1 на полный оборот и еще отсчитать 5 отверстий на этой окружности, после чего ввести фиксатор 2 в отверстие. Иными словами, мы получили  $b = 25$  и  $a = 20$ .

Это не единственное решение. Можно разделить заготовку на  $1/64$  часть на другой окружности, у которой число  $a$  будет кратным знаменателю, т. е.

$\frac{b}{a} = 1 + \frac{1}{4} = (1 + \frac{4}{16})$  оборотов рукоятки. Но первое решение предпочтительнее, так как окружность с  $a = 20$  находится дальше от центра лимба и точность делительного процесса будет выше.

### 3.3.2 Дифференциальный способ

Составим уравнение баланса делительной цепи:

$$\frac{b}{a} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z}{z_0} + \frac{1}{z_{\text{заг}}} i_X \cdot \frac{z_3}{z_4} \cdot \frac{z_1}{z_2} \cdot \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{\text{заг}}}.$$

В полученном уравнении неизвестны величина углового поворота рукоятки  $b/a$  и передаточное отношение гитары  $i_X$ . Добавим к правой части уравнения величину, равную нулю  $\frac{1}{z^*} - \frac{1}{z^*}$ , перепишем уравнение, учитывая

$$\frac{z_1}{z_2} = 1, \quad \frac{z_3}{z_4} = 1:$$

$$\frac{b}{a} \cdot \frac{z}{z_0} + \frac{1}{z} i_X \cdot \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{\text{заг}}} - \frac{1}{z^*} + \frac{1}{z^*}.$$

Приравниваем по частям  $\frac{b}{a} \cdot \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z^*}$  и  $\frac{1}{z} i_X \cdot \frac{z}{z_0} = \frac{1}{z_{\text{заг}}} - \frac{1}{z^*}$ , откуда получаем две формулы настройки:  $\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z} \cdot \frac{1}{z^*}$  и  $i_X = \frac{z_0}{z} \cdot \frac{z^* - z_{\text{заг}}}{z^*}$ .

Из первой формулы определяется угловой поворот рукоятки (число отверстий  $b$ , на которое необходимо повернуть рукоятку на выбранной окружности с числом  $a$ ), по второй формуле вычисляется передаточное отношение двухпарной гитары, после чего подбираются сменные колеса.

Число  $z^*$  выбирается произвольно ( $z_{\text{заг}} < z^*$  или  $z^* < z_{\text{заг}}$ ), но желательно, чтобы оно было близким к  $z_{\text{заг}}$ .

#### *Пример дифференцированного расчета УДГ*

Разделить заготовку на  $z_{\text{заг}} = 97$  зубьев на дифференциальной лимбовой делительной головке, у которой  $z_0 = 40$ ,  $z = 1$ . Головка имеет лимб, на каждой стороне которого выполнены отверстия:

на первой стороне —  $a = 24; 25; 28; 30; 34; 37; 38; 39; 41; 42; 43$ ;

на второй стороне —  $a = 46; 47; 49; 51; 53; 54; 57; 58; 59; 62; 66$ .

Прилагается набор сменных колес гитары: 25 (2шт.); 30; 35; 40; 50; 55; 60; 70; 80; 90; 100.

#### *Решение*

1. Поскольку число  $z_{\text{заг}} = 97$  не раскладывается на множители и на лимбе нет окружности с соответствующим числом отверстий, то простое деление невоз-

можно, поэтому будем настраивать дифференциальную делительную головку на сложное деление.

В этом случае заготовку можно разделить на любое число. Запишем формулы настройки этой головки и подставим в нее  $z_{\text{заг}} = 97$ ,  $z_0 = 40$ ,  $z = 1$  и  $z^*$ , приняв его равным 96, получим:

$$\frac{b}{a} = \frac{z_0}{z} \cdot \frac{1}{z_{\text{заг}}} = \frac{40}{96} = \frac{10}{24},$$

$$i_x = \frac{z_0}{z} \cdot \frac{z^* - z_{\text{заг}}}{z^*} = 40 \cdot \frac{(96 - 97)}{96} = -\frac{5}{12} = -\frac{25}{30} \cdot \frac{40}{20} = \frac{A}{B} \cdot \frac{C}{D}.$$

2. Деление заготовки: в гитаре ставят сменные зубчатые колеса: сзади на шпиндель — первое ведущее колесо  $A = 25$ , с ним соединяют  $B = 30$ , после чего устанавливают вторую пару сменных зубчатых колес, как показано на кинематической схеме (рисунок 3.3); далее фиксатор 2 перемещают на окружность с числом  $a = 24$  и закрепляют, стопор 5 выводят из лимба, после чего поворачивают рукоятку 1 на 10 отверстий; лимб в это время будет вращаться в сторону, противоположную направлению вращения рукоятки (так как при расчете передаточного отношения  $i_x$  оно получилось отрицательным), а заготовка повернется на  $1/97$  часть окружности.

Таблица 3.1 — Задания для простого расчета УДГ

Вариант		Вариант	
1	$z_{\text{заг}} = 45; z_0 = 70; z = 1$	16	$z_{\text{заг}} = 42; z_0 = 86; z = 1$
2	$z_{\text{заг}} = 50; z_0 = 80; z = 2$	17	$z_{\text{заг}} = 33; z_0 = 70; z = 1$
3	$z_{\text{заг}} = 40; z_0 = 70; z = 4$	18	$z_{\text{заг}} = 39; z_0 = 78; z = 1$
4	$z_{\text{заг}} = 36; z_0 = 52; z = 1$	19	$z_{\text{заг}} = 44; z_0 = 70; z = 2$
5	$z_{\text{заг}} = 30; z_0 = 90; z = 2$	20	$z_{\text{заг}} = 22; z_0 = 95; z = 1$
6	$z_{\text{заг}} = 6; z_0 = 95; z = 4$	21	$z_{\text{заг}} = 27; z_0 = 88; z = 2$
7	$z_{\text{заг}} = 15; z_0 = 70; z = 2$	22	$z_{\text{заг}} = 22; z_0 = 80; z = 2$
8	$z_{\text{заг}} = 21; z_0 = 75; z = 1$	23	$z_{\text{заг}} = 43; z_0 = 70; z = 2$
9	$z_{\text{заг}} = 16; z_0 = 65; z = 1$	24	$z_{\text{заг}} = 68; z_0 = 100; z = 1$
10	$z_{\text{заг}} = 38; z_0 = 80; z = 1$	25	$z_{\text{заг}} = 30; z_0 = 64; z = 1$
11	$z_{\text{заг}} = 44; z_0 = 70; z = 2$	26	$z_{\text{заг}} = 54; z_0 = 80; z = 4$
12	$z_{\text{заг}} = 45; z_0 = 85; z = 4$	27	$z_{\text{заг}} = 46; z_0 = 56; z = 2$
13	$z_{\text{заг}} = 25; z_0 = 90; z = 4$	28	$z_{\text{заг}} = 24; z_0 = 45; z = 1$
14	$z_{\text{заг}} = 18; z_0 = 85; z = 2$	29	$z_{\text{заг}} = 7; z_0 = 20; z = 1$
15	$z_{\text{заг}} = 9; z_0 = 84; z = 1$	30	$z_{\text{заг}} = 38; z_0 = 60; z = 2$

Таблица 3.2 — Задания для дифференциального расчета

Вариант		Вариант	
1	$z_{\text{зар}}=87; z_0=50; z=1$	16	$z_{\text{зар}}=77; z_0=39; z=1$
2	$z_{\text{зар}}=67; z_0=40; z=1$	17	$z_{\text{зар}}=97; z_0=60; z=1$
3	$z_{\text{зар}}=77; z_0=30; z=1$	18	$z_{\text{зар}}=97; z_0=53; z=2$
4	$z_{\text{зар}}=87; z_0=62; z=2$	19	$z_{\text{зар}}=77; z_0=58; z=4$
5	$z_{\text{зар}}=67; z_0=36; z=1$	20	$z_{\text{зар}}=67; z_{0M}=24; z=1$
6	$z_{\text{зар}}=97; z_0=32; z=2$	21	$z_{\text{зар}}=87; z_0=31; z=1$
7	$z_{\text{зар}}=97; z_0=50; z=1$	22	$z_{\text{зар}}=67; z_0=50; z=1$
8	$z_{\text{зар}}=87; z_0=34; z=1$	23	$z_{\text{зар}}=84; z_0=52; z=2$
9	$z_{\text{зар}}=77; z_0=46; z=1$	24	$z_{\text{зар}}=59; z_0=50; z=1$
10	$z_{\text{зар}}=77; z_0=57; z=1$	25	$z_{\text{зар}}=29; z_0=90; z=2$
11	$z_{\text{зар}}=97; z_0=28; z=1$	26	$z_{\text{зар}}=52; z_0=100; z=4$
12	$z_{\text{зар}}=77; z_0=30; z=4$	27	$z_{\text{зар}}=29; z_0=75; z=1$
13	$z_{\text{зар}}=67; z_0=40; z=4$	28	$z_{\text{зар}}=96; z_0=50; z=2$
14	$z_{\text{зар}}=97; z_0=54; z=2$	29	$z_{\text{зар}}=70; z_0=37; z=4$
15	$z_{\text{зар}}=87; z_0=45; z=1$	30	$z_{\text{зар}}=100; z_0=53; z=2$

*Примечание.* При расчетах использовать лимбы из примеров простого и дифференциального расчета УДГ.

### Рекомендуемая литература

1. Тепинкичиев, В. К. Металлорежущие станки / В. К. Тепинкичиев. — Москва : Машиностроение, 1973. — 472 с.
2. Колев, Н. С. Металлорежущие станки : учебное пособие для вузов / Н. С. Колев [и др.] — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 1980. — 500 с.

## Лабораторная работа № 4

### Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы

*Цель работы:* изучение методики настройки станка для нарезания резьбы на примере токарно-винторезного станка 1А616.

#### 4.1 Общая характеристика станка

##### 4.1.1 Назначение станка

Станок предназначен для токарной обработки сравнительно небольших деталей из различных материалов как быстрорежущими, так и твердосплавными

ми инструментами в условиях индивидуального и серийного производства. На станке можно нарезать резцом метрические, дюймовые, модульные и питчевые резьбы.

#### **4.2 Движения в станке**

Движение резания — вращение шпинделя с обрабатываемой деталью. Движение подачи — прямолинейное поступательное перемещение суппорта с резцом в продольном и поперечном направлениях от ходового валика. Движение образования винтовой поверхности — прямолинейное поступательное перемещение суппорта с резьбовым резцом в продольном направлении от ходового винта. Вспомогательные движения — ручные установочные перемещения суппорта, корпуса пиноли задней бабки и поворот четырехпозиционного резцедержателя.

#### **4.3 Принцип работы**

Обрабатываемая деталь устанавливается в центрах или закрепляется в патроне. В резцедержателе суппорта могут быть закреплены четыре резца. Инструменты для обработки отверстий вставляются в конус пиноли задней бабки. Сочетанием вращательного движения детали с поступательным перемещением резца на станке можно обрабатывать цилиндрические, конические, винтовые и торцовые поверхности.

#### **4.4 Кинематическая схема токарно-винторезного станка 1А616**

На рисунке 4.1 представлена кинематическая схема токарно-винторезного станка 1А616.

#### **4.5 Движение образования винтовой поверхности**

Для нарезания резьбы с шагом до 6 мм движение, как и при подаче суппорта, заимствуется от шпинделя станка. Резьбы с более крупным шагом нарезаются при включенном переборе с использованием звена увеличения шага. Для этого блок шестерен  $B_4$  смешают вправо, пока его левая шестерня 44 не пойдет в зацепление с шестерней 34, закрепленной на полем вала  $V$ . В этом случае перемещение суппорта будет осуществляться от вала  $V$ . Для нарезания метрической и дюймовой резьбы сменные блоки шестерен  $C_1$  и  $C_2$  устанавливаются так же, как и при подаче 30–60–36. Для нарезания модульной и питчевой резьбы сменные блоки переставляют так, чтобы движение вала  $XII$  передавалось шестернями 36–66–55. Для некоторых шагов резьб применяются и другие варианты установки сменных блоком, при которых движение передается шестернями 25–66–55 или 36–66–30.



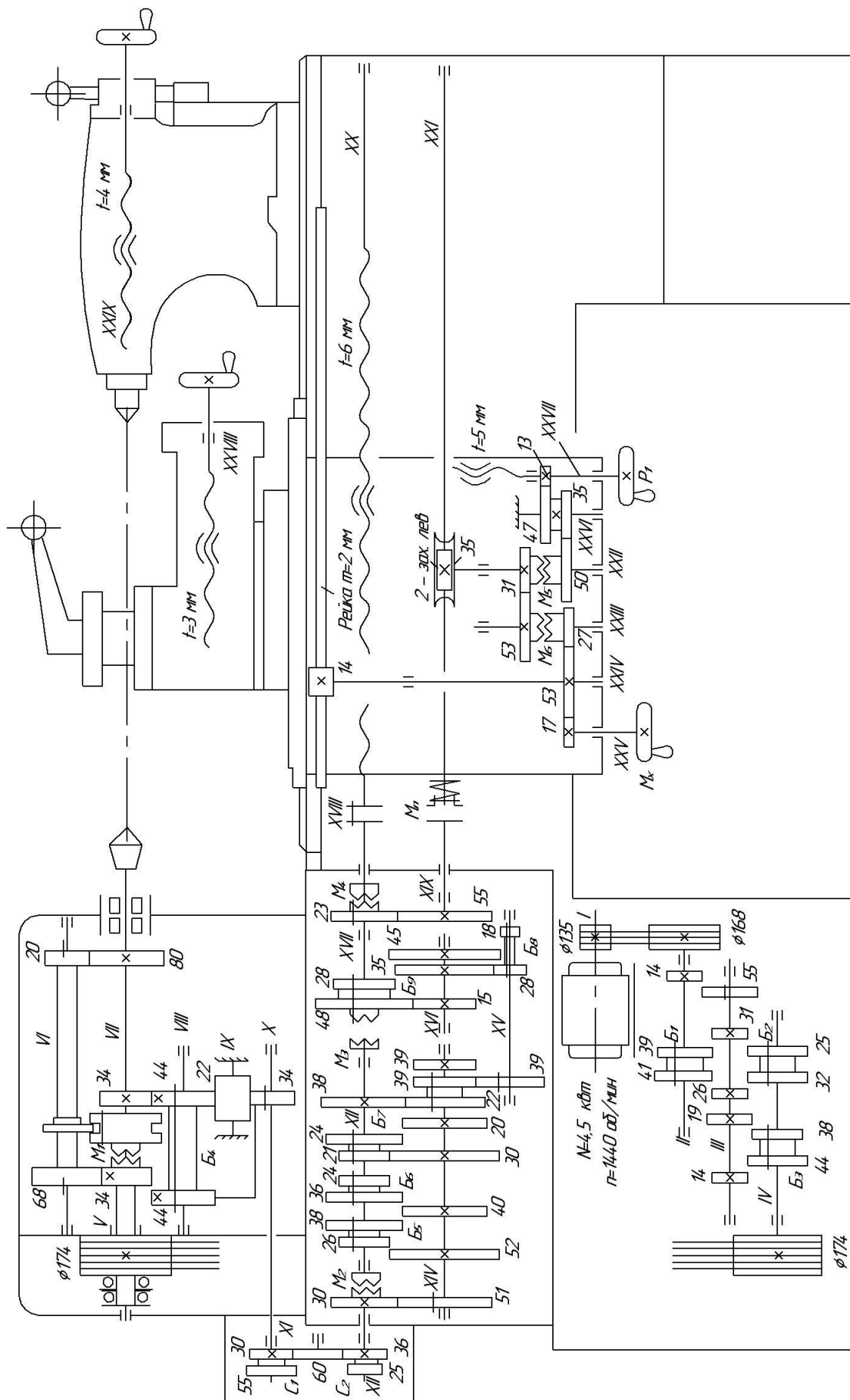


Рисунок 4.1 — Кинематическая схема токарно-винторезного станка 1А616

Когда нарезаются дюймовые и питчевые резьбы (как показано на схеме, рисунок 4.1), кулачковая муфта  $M_2$  выключена. Колесо 51 зацеплено с шестерней 30 вала  $XII$ , а шестерня 39 на валу  $XV$  введена в зацепление с шестерней 39 двойного блока 22, 39, свободно сидящего на валу  $XIV$ . Для нарезания метрических и модульных резьб включается муфта  $M_2$ , колесо 51 выводится из зацепления, а шестерня 39 перемещается по валу  $XV$  вправо до зацепления с колесом 39, жестко закрепленным на валу  $XIV$ . Суппорт получает движение от коробки подач через кулачковую муфту  $M_4$ , промежуточный валик  $XVIII$  и ходовой винт  $XX$ .

#### 4.6 Профили резьб и их основные параметры

Для расчета параметров профиля различных резьб необходимо выбрать данные из таблиц 4.1 и 4.2. Профиль метрической резьбы в соответствии с ГОСТ 9150-2002 [1] показан на рисунке 4.3. В его основу положен равнобедренный треугольник высотой  $H$  со срезанными вершинами. Рабочая высота профиля  $H_1$  получается за счет среза вершины острых углов у гайки на  $H/4$  и у болта на  $H/8$ .

Таблица 4.1 — Параметры круглой резьбы

Номинальный диаметр резьбы $d$ , для ряда		Шаг резьбы $P$	Номинальный диаметр резьбы $d$ , для ряда		Шаг резьбы $P$
1	2		1	2	
8	9	2,540	48	50	4,233
10	(11)		52	55	
12			60	(58); (62); 65	
16	14		70	(68); (72); 75	
20	18	80	(78); (82); 85		
24	22; 26	3,175	90	(88); (92); 95	
28	30		100	98	
32	(34)				
36	(38)				
40	(42)	3,175			
44	(46)				

Примечание: 1. При выборе диаметров 1-й ряд следует предпочитать 2-му. 2. Диаметры, заключенные в скобки, по возможности не применять.

Номинальные значения среднего и внутреннего диаметров резьбы					
Шаг резьбы $P$	Наружная резьба			Внутренняя резьба	
	Диаметр резьбы				
	наружная $d$	внутренняя $d_3$	средний $d_2 = D_2$	наружный $D_4$	внутренний $D_1$
2,540	$d$	$d - 3 + 0,460$	$d - 2 + 0,730$	$d + 0,254$	$d - 3 + 0,714$
3,175	$d$	$d - 4 + 0,825$	$d - 2 + 0,412$	$d + 0,318$	$d - 3 + 0,142$
4,233	$d$	$d - 5 + 0,767$	$d - 3 + 0,883$	$d + 0,423$	$d - 4 + 0,190$
6,350	$d$	$d - 7 + 0,650$	$d - 4 + 0,825$	$d + 0,635$	$d - 6 + 0,285$

Пример определения диаметров для резьбы с номинальным диаметром  $d = 90$  мм;  $P = 4,233$  мм;  $d_3 = 85,767$  мм;  $d_2 = D_2 = 87,883$  мм;  $D_4 = 90,423$  мм;  $D_1 = 86,190$  мм.

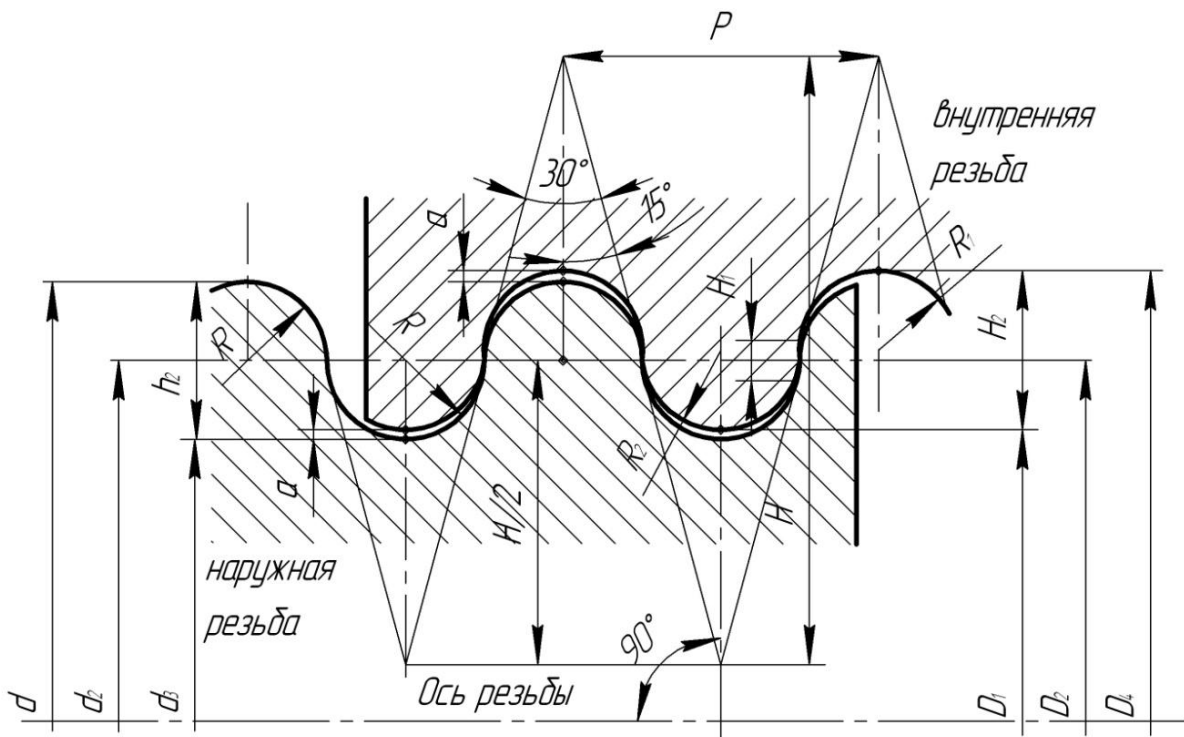


Рисунок 4.2 — Круглая резьба и ее основные параметры

Исходная высота профиля  $H = \frac{P}{2 \operatorname{tg} 30^\circ} = 0,8660254P$ , где  $P$  — шаг резьбы.

$R_1 = 0,221047P$ ;  $R_2 = 0,255967P$ ;  $H = 1,866025P$ ;  $H_1 = 0,083505P$ ;  $h_2 = H_2 = 0,5P$ ;  
 $a = 0,05P$ ;  $R = 0,238507P$ ;

$H = 0,8660254P$ ;  $H_1 = 0,5412659P$ ;  $R = H/6 = 0,1443376P$ .

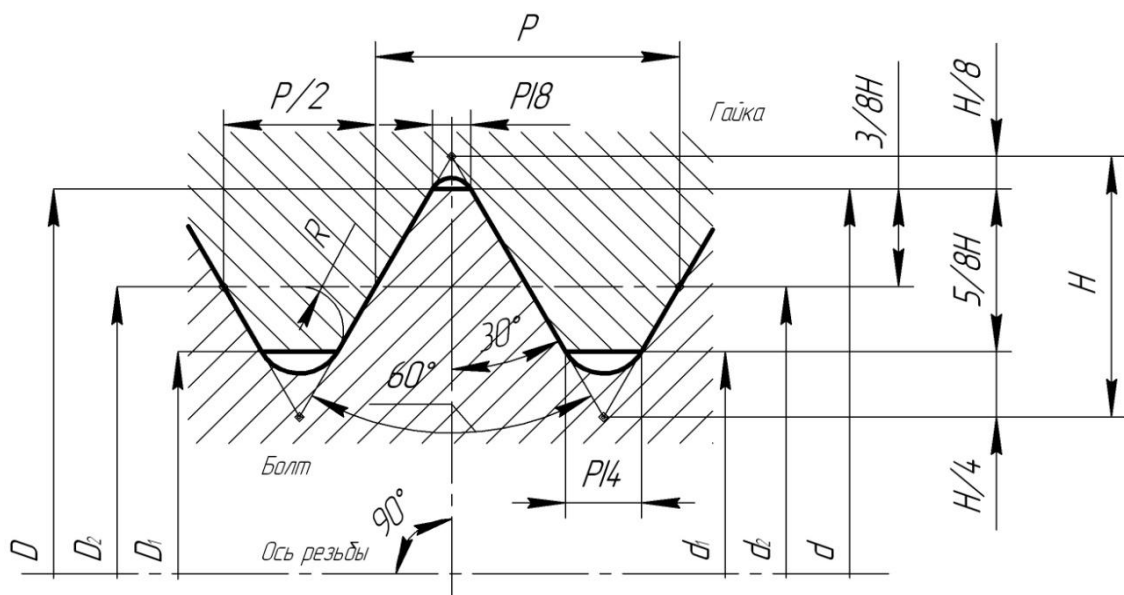


Рисунок 4.3 — Профиль метрической резьбы и ее основные параметры

Значения среднего и внутреннего диаметров резьбы не назначаются отдельно, а рассчитываются в зависимости от наружного диаметра и шага. Соответствующие расчетные формулы содержатся в ГОСТ 24705–2004 [2]:

$$\begin{aligned} D_1 &= D - 1,0825P; \quad d_1 = d - 1,0825P; \\ D_2 &= D - 0,6495P; \quad d_2 = d - 0,6495P. \end{aligned} \quad (4.1)$$

Рассчитанные по формулам (4.1) значения диаметров (в мм) округляются до тысячных долей миллиметра.

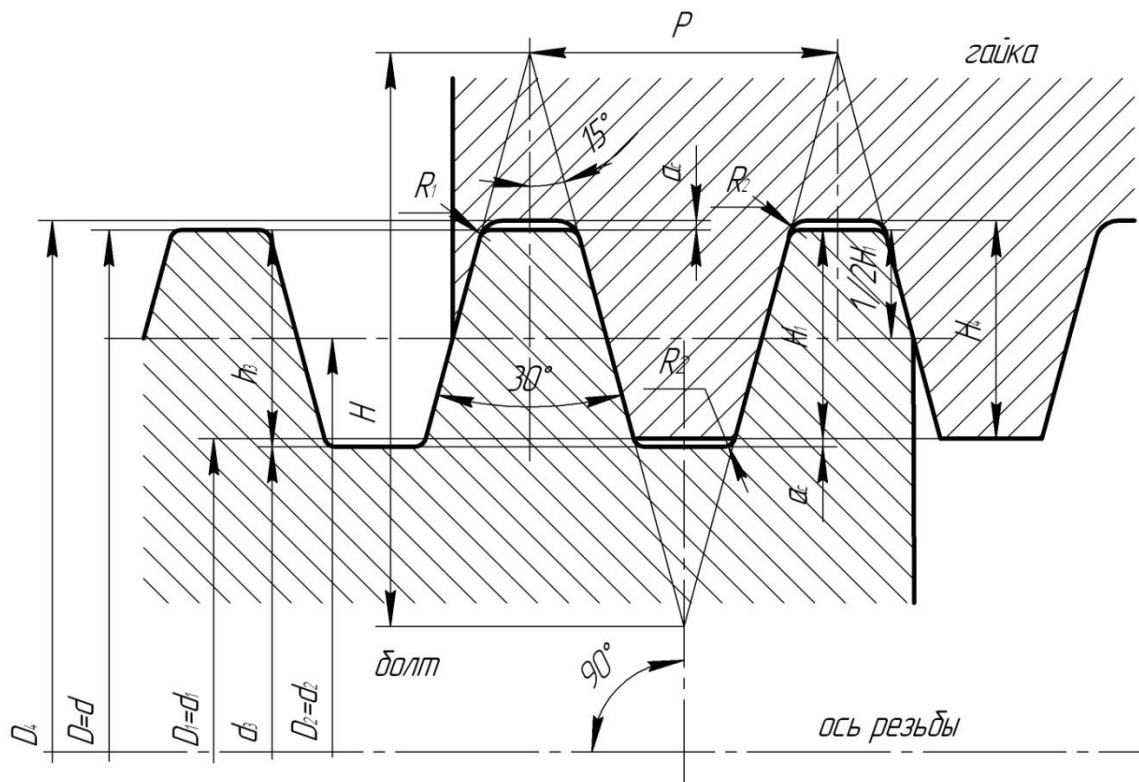


Рисунок 4.4 — Профиль трапецеидальной резьбы и ее основные параметры

$$H = 1,866P; \quad H_1 = 0,5P; \quad d = D; \quad h_3 = H_4 = 0,5P + a_c; \quad d_3 = d - 2h_3; \quad d_1 = D_1$$

Таблица 4.2 — Параметры трапецеидальной резьбы

Шаг резьбы	Винт (наружная резьба)		Винт и гайка	Гайка (внутренняя резьба)	
	Диаметр резьбы				
	наружный $d$	внутренний $d_3$	средний $d_2 = D_2$	наружный $D_4$	внутренний $D_1$
1,5	8; 9; 10	$d - 1,8$	$d - 0,75$	$d + 0,3$	$d - 1,5$
2	8; 9; 10; 11; 12; 14; 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28	$d - 2,5$	$d - 1$	$d + 0,5$	$d - 2$
3	11; 12; 14; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50; 52; 55; 60	$d - 3,5$	$d - 1,5$	$d + 0,5$	$d - 3$
4	16; 18; 20; 65; 70; 75; 80; 85; 90; 95; 100; 110	$d - 4,5$	$d - 2$	$d + 0,5$	$d - 4$

Окончание таблицы 4.2

Шаг резьбы	Винт (наружная резьба)		Винт и гайка	Гайка (внутренняя резьба)	
	Диаметр резьбы				
	наружный $d$	внутренний $d_3$	средний $d_2 = D_2$	наружный $D_4$	внутренний $D_1$
5	22; 24; 26; 28; 85; 90; 95; 100; 110	$d - 5,5$	$d - 2,5$	$d + 0,5$	$d - 5$
6	30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 120; 130; 140; 150; 160; 170	$d - 7$	$d - 3$	$d + 1$	$d - 6$
7	38; 40; 42; 44	$d - 8$	$d - 3,5$	$d + 1$	$d - 7$
8	22; 24; 26; 28; 44; 46; 48; 50; 52; 55; 60; 160; 170; 180; 190; 200; 210; 220; 230; 240	$d - 9$	$d - 4$	$d + 1$	$d - 8$
9	55; 60	$d - 10$	$d - 4,5$	$d + 1$	$d - 9$
10	30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 65; 70; 75; 80; 200; 210; 220	$d - 11$	$d - 5$	$d + 1$	$d - 10$
<i>Пример: Резьба Tr 40x7</i>					
Винт (наружная резьба)		Винт и гайка		Гайка (внутренняя резьба)	
$d = 40; d_3 = 32$		$d_2 = D_2 = 36,5$		$D_4 = 41; D_1 = 33$	
Размеры элементов резьбы					
Шаг резьбы $P$	Высота профиля $h_3 = H_4$	Рабочая высота профиля $H_1$	Зазор $a_c$	Радиус	
				$R_1 = 0,5 a_c$	$R_2 = a_c$
				не более	
1,5	0,90	0,75	0,15	0,075	0,15
2	1,25	1	0,25	0,125	0,25
3	1,75	1,5			
4	2,25	2			
5	2,75	2,5			
6	3,5	3	0,5	0,250	0,5
7	4	3,5			
8	4,5	4			
9	5	4,5			
10	5,5	5			
<i>Примечания: 1. <math>d_1</math> и <math>D</math> — диаметры воображаемых цилиндров, ограничивающих прямоугольные участки боковых сторон профиля. 2. Профиль вершины резьбы винта рекомендуется выбирать с радиусами <math>R_1</math> и <math>R_2</math> или фасками с размерами, не превышающих <math>0,5 a_c</math></i>					

#### 4.7 Ход выполнения работы

##### 4.7.1 Настройка токарно-винторезного станка на нарезание резьбы

Современные токарно-винторезные станки можно настраивать на требуемый шаг резьбы двумя способами:

1. С помощью механизмов коробки подач. В этом случае скорость перемещения суппорта настраивается путем установки в определенной комбинации зубчатых колес коробки подач.
2. Настройка станка на нарезание нестандартной резьбы сменных зубчатых колес. Коробка подач в этом случае отключается.

Для нарезания резьбы на токарном станке нужно кинематически связать шпиндель и ходовой винт (рисунок 4.5) таким образом, чтобы за один оборот заготовки (детали) перемещение резца равнялось шагу резьбы  $P$ , поэтому уравнение кинематической цепи будет иметь следующий вид (величина шага ходового винта равна  $t_{х.в.}$ ):

$$P = 1 \cdot i \cdot t_{х.в.} \quad (4.2)$$

Передаточное отношение сменных колес гитары

$$i = \frac{P}{t_{х.в.}} = \frac{a \cdot c}{b \cdot d} \quad (4.3)$$

Здесь  $a, b, c, d$  — числа зубьев сменных колес гитары.

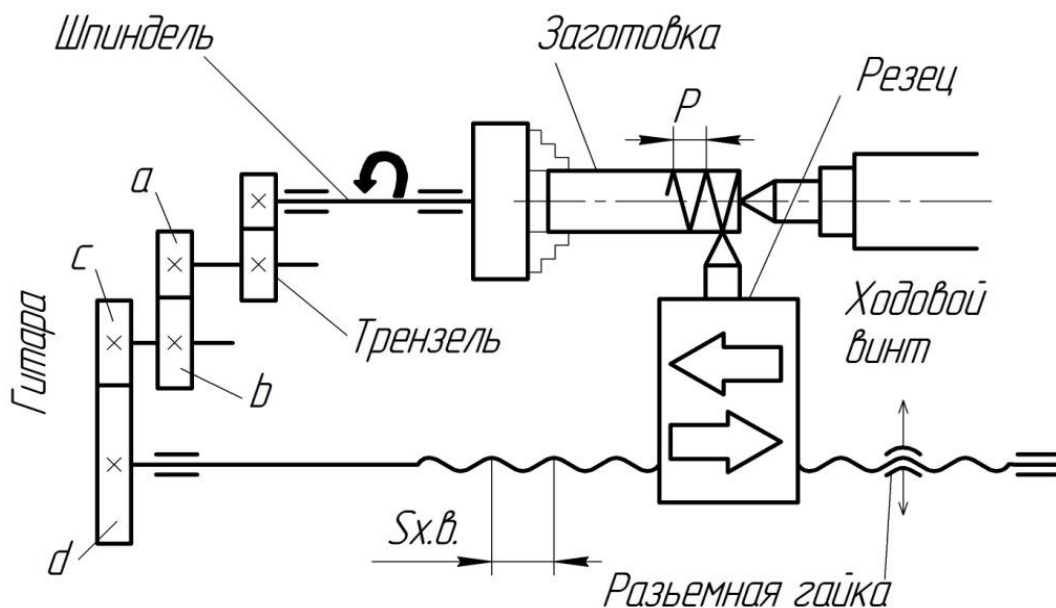


Рисунок 4.5 — Схема настройки токарно-винторезного станка на нарезание резьбы

В наборе имеются сменные зубчатые колеса с числом зубьев 20, 25, 30, 35 и т. д. до 120 и специальное колесо с числом зубьев  $z = 127$ .

При подборе зубчатых колес нужно обеспечить соблюдение условий сцепляемости, т. е. подобрать их так, чтобы зубчатое колесо  $b$  не задевало вал II, а зубчатое колесо  $c$  не задевало вал I (рисунок 4.6). Для этого зубчатые колеса, составляющие передаточные отношения, должны удовлетворять следующим условиям сцепляемости:

$$\begin{aligned} a + b &\geq c + 15 \text{ зубьев} \\ c + d &\geq b + 15 \text{ зубьев.} \end{aligned} \quad (4.4)$$

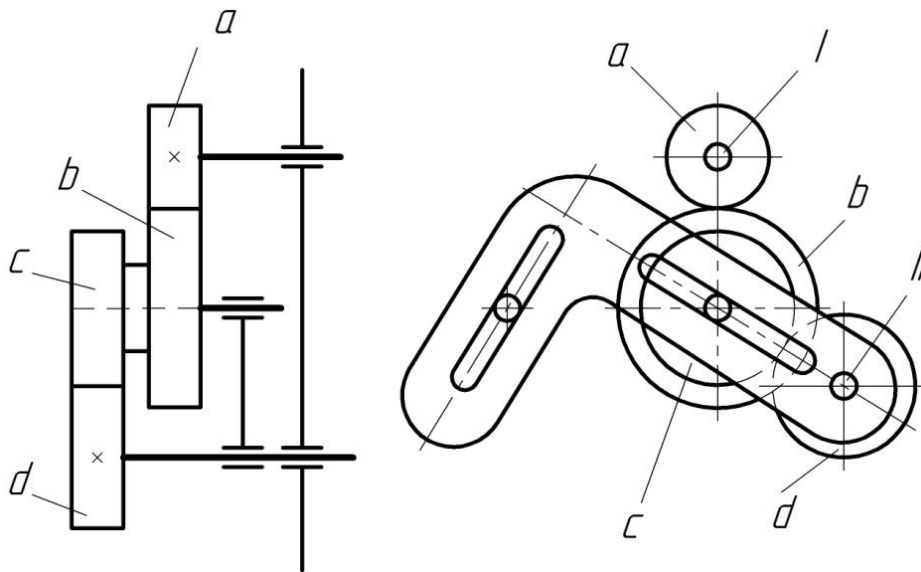


Рисунок 4.6 — Гитара токарно-винторезного станка

#### 4.7.2 Способы подбора сменных зубчатых колес

Возможны случаи настройки гитары одной парой зубчатых колес (с промежуточным колесом) или двумя парами (рисунок 4.6).

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d}. \quad (4.5)$$

*Пример 1.* Станок 1К62 имеет ходовой винт с шагом  $S_{\text{х.в.}} = 12$  мм; шаг нарезаемой резьбы  $P = 1,25$  мм.

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{1,25}{12} = \frac{125}{1200}.$$

Чтобы получить в числителе и знаменателе дроби числа, соответствующие числам зубьев сменных зубчатых колес набора, раскладываем числитель и знаменатель дроби на два множителя.

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{125}{1200} = \frac{25 \cdot 5}{120 \cdot 10}.$$

Зубчатые колеса с числом зубьев 25 и 120 (первая дробь 25/120) в наборе сменных зубчатых колес имеются. Умножаем числитель и знаменатель второй дроби (5/10) на любое число, которое обеспечит получение чисел, соответствующих числу зубьев колес набора, пусть это будет 6, тогда

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{25}{120} \cdot \frac{5 \cdot 6}{10 \cdot 6} = \frac{25}{120} \cdot \frac{30}{60}.$$

Проверяем сцепляемость:

$$25 + 120 > 30 \text{ на } 125 \text{ зубьев.}$$

$$30 + 60 < 120.$$

Условие сцепляемости не обеспечено. Обеспечить сцепляемость можно, умножив числитель и знаменатель второй дроби на большее число, например на 10, но можно попробовать поменять знаменатели обеих дробей местами, так как это не изменит передаточного отношения, т. е.

$$i_{\text{гит}} = \frac{P}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{25}{60} \cdot \frac{30}{120}$$

В этом случае

$$25 + 60 > 30 \text{ на } 55 \text{ зубьев;}$$

$$30 + 120 > 60 \text{ на } 90 \text{ зубьев.}$$

Следовательно, условие сцепляемости обеспечено.

*Пример 2.* На том же станке нужно нарезать дюймовую резьбу 11 ниток на один дюйм, т. е.

$$S_p = \frac{25,4}{11} \text{ мм.}$$

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{25,4}{11 \cdot 12} = \frac{254}{110 \cdot 12}.$$

Раскладываем числитель (254) на два множителя: 127 (имеется в наборе сменных зубчатых колес) и 2. Тогда отношение будет выглядеть так:

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{127 \cdot 2}{110 \cdot 12}.$$

Умножим числитель и знаменатель второй дроби на 10, получим:

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{127}{110} \cdot \frac{2 \cdot 10}{12 \cdot 10} = \frac{127}{110} \cdot \frac{20}{120}.$$

Проверяем сцепляемость:

$$127 + 110 > 20 \text{ на } 217 \text{ зубьев.}$$

$$20 + 120 > 110 \text{ на } 30 \text{ зубьев.}$$

Условие сцепляемости обеспечено.

*Пример 3.* На станке 1К62 требуется нарезать червяк с модулем  $m = 4$ , шаг резьбы червяка  $S_p = p \cdot m = p \cdot 4$  мм; шаг ходового винта  $S_{\text{х.в.}} = 12$  мм.

Число  $p$ , равное 3,14159, с небольшой погрешностью можно выразить отношениями:



$$\frac{22}{7} = 3,1428;$$

$$i_{\text{гит}} = \frac{S_p}{S_{\text{х.в.}}} = \frac{4 \cdot \pi}{12} = \frac{4}{12} \cdot \frac{22}{7}.$$

Умножаем числитель и знаменатель на 10 и на 5:

$$i_{\text{гит}} = \frac{4 \cdot 22 \cdot 10 \cdot 5}{12 \cdot 7 \cdot 10 \cdot 5} = \frac{40}{35} \cdot \frac{110}{120} \left( \text{или } \frac{40}{35} \cdot \frac{55}{60} \right).$$

Проверяем сцепляемость:

$$40 + 35 > 55 \text{ на } 20 \text{ зубьев.}$$

$$55 + 60 > 35 \text{ на } 80 \text{ зубьев.}$$

Условие сцепляемости обеспечено.

## 4.8 Порядок выполнения работы

### 4.8.1 Настройка и наладка токарно-винторезного станка

1. Рассчитать кинематическую цепь настройки станка на нарезание резьбы по заданному варианту. Определить необходимость использования перебора.
2. Начертить (в масштабе) схему расположения сменных зубчатых колес в гитаре с указанием чисел их зубьев.
3. Наладить станок на нарезание резьбы и нарезать резьбу.
4. Замерить полученный нарезкой шаг резьбы.
5. Определить погрешность шага резьбы (величину отклонения от расчетной величины шага).

### 4.8.2 Варианты заданий

Таблица 4.3 — Варианты заданий

№ варианта	Обозначение резьбы	№ варианта	Обозначение резьбы
1	Трапецеидальная $Tr\ 8 \times 1,5$ Метрическая $M8 \times 1,25$ Круглая $Rd10$ Дюймовая 24 нитки на дюйм Модульная $m = 1$	16	Трапецеидальная $Tr\ 95 \times 5$ Метрическая $M36 \times 4$ Круглая $Rd55$ Дюймовая 3 1/4 нитки на дюйм Модульная $m = 0,25$
2	Трапецеидальная $Tr\ 9 \times 5$ Метрическая $M10 \times 1,25$ Круглая $Rd12$ Дюймовая 20 ниток на дюйм Модульная $m = 2$	17	Трапецеидальная $Tr\ 36 \times 6$ Метрическая $M39 \times 4$ Круглая $Rd60$ Дюймовая 3 нитки на дюйм Модульная $m = 0,4$

Продолжение таблицы 4.3

№ вари- анта	Обозначение резьбы	№ вари- анта	Обозначение резьбы
3	Трапецеидальная <i>Tr</i> 10x1,5 Метрическая <i>M</i> 12x1,75 Круглая <i>Rd</i> 8 Дюймовая 18 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 4	18	Трапецеидальная <i>Tr</i> 38x6 Метрическая <i>M</i> 42x4,5 Круглая <i>Rd</i> 70 Дюймовая 24 нитки на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,5
4	Трапецеидальная <i>Tr</i> 10x3 Метрическая <i>M</i> 14x2 Круглая <i>Rd</i> 9 Дюймовая 16 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 5	19	Трапецеидальная <i>Tr</i> 40x6 Метрическая <i>M</i> 45x4,5 Круглая <i>Rd</i> 80 Дюймовая 20 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,8
5	Трапецеидальная <i>Tr</i> 11x6 Метрическая <i>M</i> 16x1,5 Круглая <i>Rd</i> 16 Дюймовая 12 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 8	20	Трапецеидальная <i>Tr</i> 44x7 Метрическая <i>M</i> 48x5 Круглая <i>Rd</i> 90 Дюймовая 18 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 1,25
6	Трапецеидальная <i>Tr</i> 12x2 Метрическая <i>M</i> 24x1,5 Круглая <i>Rd</i> 14 Дюймовая 11 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 10	21	Трапецеидальная <i>Tr</i> 42x7 Метрическая <i>M</i> 52x5 Круглая <i>Rd</i> 100 Дюймовая 16 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 1,6
7	Трапецеидальная <i>Tr</i> 14x3 Метрическая <i>M</i> 30x6 Круглая <i>Rd</i> 18 Дюймовая 10 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 16	22	Трапецеидальная <i>Tr</i> 40x7 Метрическая <i>M</i> 56x5,5 Круглая <i>Rd</i> 68 Дюймовая 12 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 2,5
8	Трапецеидальная <i>Tr</i> 16x2 Метрическая <i>M</i> 36x1,25 Круглая <i>Rd</i> 26 Дюймовая 9 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 20	23	Трапецеидальная <i>Tr</i> 38x7 Метрическая <i>M</i> 60x5,5 Круглая <i>Rd</i> 42 Дюймовая 11 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 6,3
9	Трапецеидальная <i>Tr</i> 18x2 Метрическая <i>M</i> 18x2,5 Круглая <i>Rd</i> 30 Дюймовая 8 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 25	24	Трапецеидальная <i>Tr</i> 32x7 Метрическая <i>M</i> 64x1,25 Круглая <i>Rd</i> 72 Дюймовая 10 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 12,5
10	Трапецеидальная <i>Tr</i> 22x3 Метрическая <i>M</i> 20x2,5 Круглая <i>Rd</i> 32 Дюймовая 7 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 3	25	Трапецеидальная <i>Tr</i> 30x1,5 Метрическая <i>M</i> 68x6 Круглая <i>Rd</i> 46 Дюймовая 9 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,3
11	Трапецеидальная <i>Tr</i> 24x3 Метрическая <i>M</i> 22x2,5 Круглая <i>Rd</i> 36 Дюймовая 6 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 6	26	Трапецеидальная <i>Tr</i> 26x5 Метрическая <i>M</i> 12x1,25 Круглая <i>Rd</i> 85 Дюймовая 8 ниток на дюйм Модульная <i>m</i> = 0,6

### Окончание таблицы 4.3

№ варианта	Обозначение резьбы	№ варианта	Обозначение резьбы
12	Трапецеидальная $Tr$ 26x5 Метрическая $M24$ x3 Круглая $Rd40$ Дюймовая 5 ниток на дюйм Модульная $m = 7$	27	Трапецеидальная $Tr$ 24x5 Метрическая $M72$ x2 Круглая $Rd58$ Дюймовая 7 ниток на дюйм Модульная $m = 1,5$
13	Трапецеидальная $Tr$ 28x3 Метрическая $M27$ x2 Круглая $Rd44$ Дюймовая 4 1/2 нитки на дюйм Модульная $m = 12$	28	Трапецеидальная $Tr$ 22x5 Метрическая $M64$ x2 Круглая $Rd82$ Дюймовая 6 ниток на дюйм Модульная $m = 3,5$
14	Трапецеидальная $Tr$ 16x4 Метрическая $M30$ x3,5 Круглая $Rd48$ Дюймовая 4 нитки на дюйм Модульная $m = 0,1$	29	Трапецеидальная $Tr$ 65x4 Метрическая $M48$ x3 Круглая $Rd95$ Дюймовая 5 ниток на дюйм Модульная $m = 0,125$
15	Трапецеидальная $Tr$ 18x4 Метрическая $M33$ x3,5 Круглая $Rd52$ Дюймовая 3 1/2 нитки на дюйм Модульная $m = 0,2$	30	Трапецеидальная $Tr$ 20x4 Метрическая $M30$ x3 Круглая $Rd26$ Дюймовая 4 нитки на дюйм Модульная $m = 0,15$

### 4.9 Вопросы для самопроверки

1. Какие движения должна получать заготовка для образования на ее цилиндрической поверхности винтовой канавки требуемого шага?
2. Как должны быть согласованы эти движения?
3. Как производится наладка станка на фрезерование винтовой канавки нужной глубины?
4. Как определить угол подъема винтовой линии?
5. Как рассчитать ошибку в шаге нарезаемой винтовой канавки?
6. Из-за чего может возникнуть погрешность шага винтовой линии?

### 4.10 Содержание и последовательность оформления отчета

1. Эскиз детали.
2. Расчет чисел зубьев сменных колес гитары; настройки токарно-винторезного станка.
3. Схема расположения зубчатых колес в гитаре.
4. Схемы наладки токарно-винторезного станка.
5. Эскиз резца.

## Рекомендуемая литература

1. ГОСТ 9150–2002. Резьба метрическая. Профиль. — Введ. 2004–01–01. — Москва : Изд-во стандартов, 2003. — 3 с.
2. ГОСТ 24705–2004. Резьба метрическая. Основные параметры. — Введ. 2005-07-01. — Москва : Из-во стандартов, 2006. — 15 с.
3. Мягков, В. Д. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. / В. Д. Мягков [и др.]. — 6-е изд., перераб. и доп. — Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. Ч. 2. 448 с., ил.

## Лабораторная работа № 5

### Настройка и наладка станка на образование спиральных поверхностей

*Цель работы:* изучение методики настройки для образования спиральных поверхностей (канавок режущего инструмента, резьбы и пр.); ознакомление с механизмами, обеспечивающими сложные исполнительные движения формообразования, состоящие из элементарных движений; приобретение навыков подбора сменных зубчатых колес гитар, настройки и наладки универсально-фрезерного станка 6Н81.

#### 5.1 Общая характеристика станка

##### 5.1.1 Назначение станка

Станок предназначен для фрезерования различных деталей сравнительно небольших размеров в основном цилиндрическими, дисковыми, угловыми, фасонными и модульными фрезами в условиях промышленного и серийного производства. Наличие поворотного стола позволяет нарезать винтовые канавки при изготовлении косозубых колес, фрез, зенкеров, разверток и тому подобных деталей.

##### 5.1.2 Принцип работы

Обрабатываемые детали закрепляются непосредственно на столе, в машинных тисках или специальных приспособлениях, устанавливаемых на столе станка. При необходимости деления заготовки на несколько равных частей применяют универсальную делительную головку.

Насадные фрезы закрепляют на консольных или опорных оправках. Для поддержания шпиндельных оправок применяют хобот с центральной и концевой подвесками. Хвостовые фрезы закрепляют непосредственно в конусе шпинделя или цанговом патроне. Торцовые фрезерные головки устанавливают и закрепляют на торце шпинделя.

Настройка станка в соответствии с конфигурацией и размерами обрабатываемой детали производится за счет быстрых механических или ручных перемещений стола *Е*, поперечных салазок *Д* и консоли *Ж*. При нарезании винтовых канавок поворачивают стол в соответствии с углом наклона фрезеруемой винтовой канавки. При работе на тяжелых режимах для повышения жесткости узла консоли устанавливают дополнительную связь *В* (рисунок 5.1).

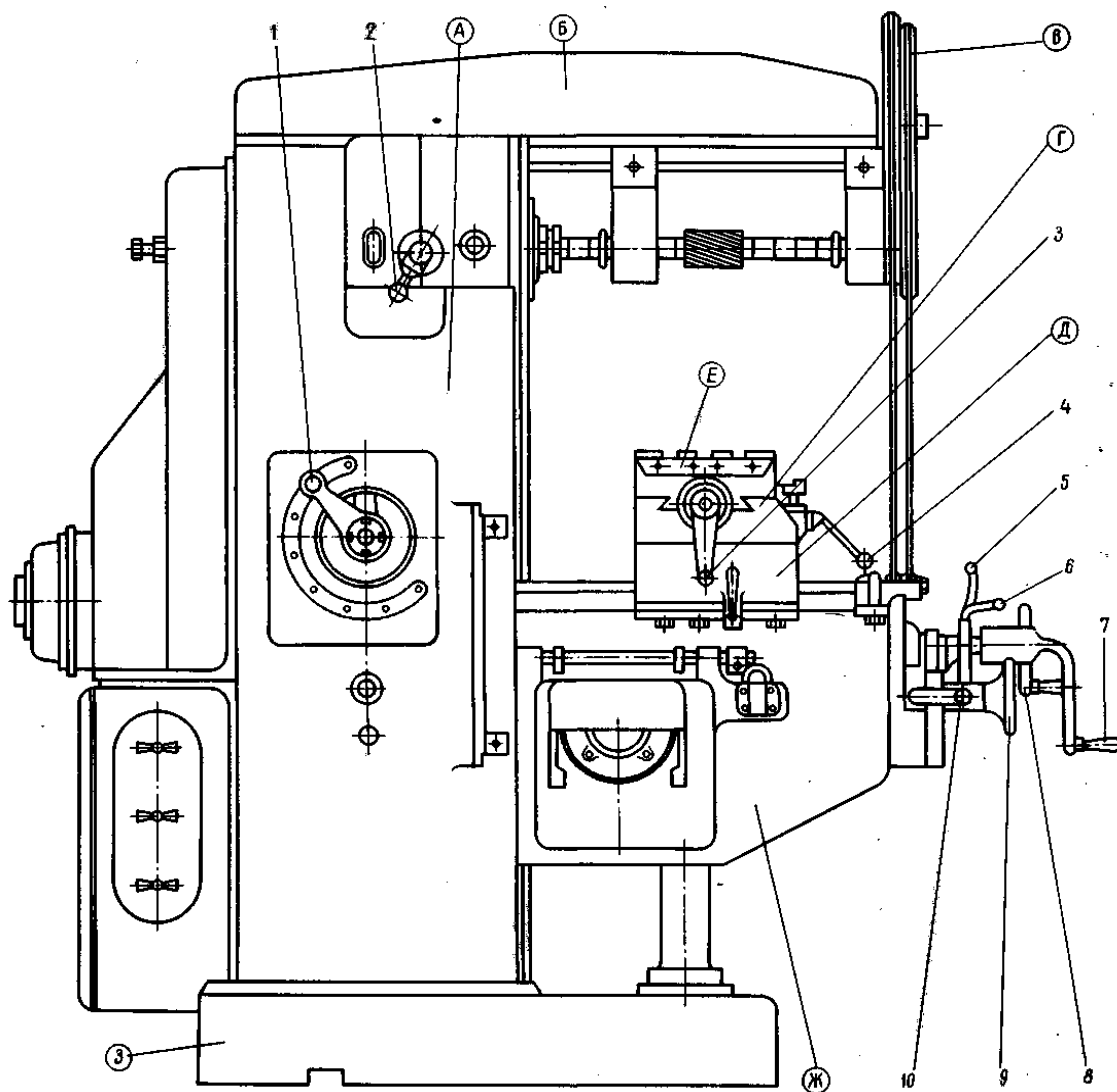


Рисунок 5.1 — Общий вид универсально-фрезерного станка модели 6Н81

### 5.1.3 Движения в станке

Движение резания — вращение шпинделя с фрезой. Движение подачи — продольное, поперечное и вертикальное поступательное перемещение стола. Вспомогательные движения — все указанные перемещения стола, выполняемые на быстром ходу или вручную.

Вращение шпинделя осуществляется от двигателя  $M_1$  (рисунок 5.2) через коробку скоростей  $i_v$ , муфту  $M_1$  или перебор  $i_{пер}$ . Частота вращения шпинделя с

учетом упругого скольжения ремней  $\eta$  находится из уравнения кинематического баланса (УКБ).

$$n_{\min} = n_{M_1} \cdot i_v \cdot \eta \cdot i_{\text{пер}} \quad (5.1)$$

$$n_{\min} = 1440 \cdot \frac{24}{38} \cdot \frac{24}{38} \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{140}{210} \cdot 0,985 \cdot \frac{30}{64} \cdot \frac{25}{69} = 65 \text{ об/мин.}$$

Продольное, поперечное и вертикальное поступательное движение стола осуществляется от двигателя  $M_2$  через коробку подач  $i_s$  муфты  $M_0, M_2$ , кулачковые муфты  $M_3, M_4, M_5$  и ходовые винты  $S_{\text{верт}}, S_{\text{поп}}, S_{\text{прод}}$ .

Кулачковые муфты  $M_3, M_4$  и  $M_5$  выполнены двухсторонними для возможности реверсирования подач.

Скорость продольной подачи (например, наименьшей) определяется также из УКБ.

$$S_{\min} = n_{M_2} \cdot i_s \cdot p \quad (5.2)$$

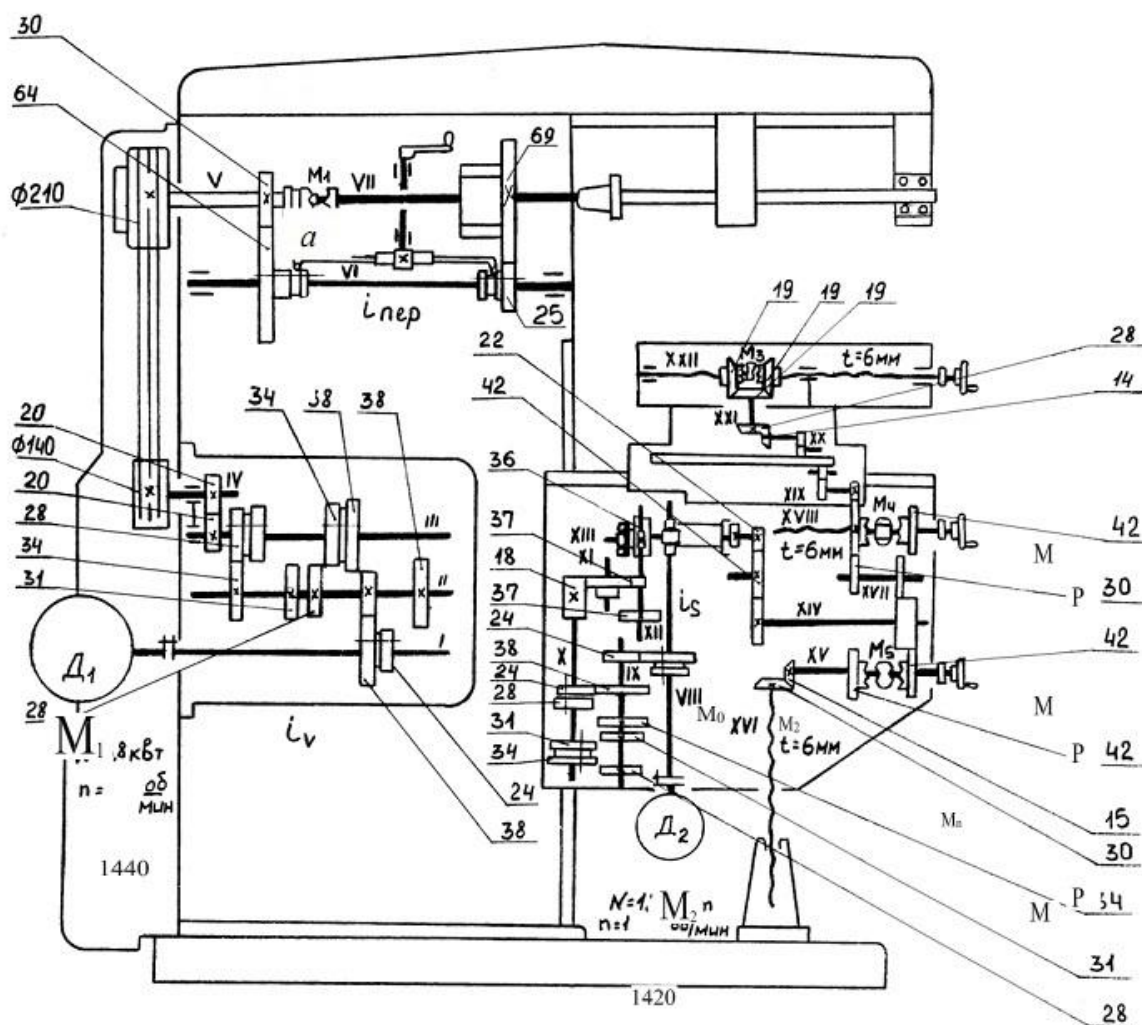


Рисунок 5.2 — Кинематическая схема универсально-фрезерного станка 6N81

$$S_{\min} = 1420 \cdot \frac{24}{38} \cdot \frac{28}{34} \cdot \frac{18}{37} \cdot \frac{15}{37} \cdot \frac{2}{36} \cdot \frac{22}{42} \cdot \frac{42}{30} \cdot \frac{30}{33} \cdot \frac{35}{19} \cdot \frac{14}{28} \cdot \frac{19}{19} \cdot 6 = 30 \text{ мм/мин.}$$

Вспомогательные перемещения осуществляются с постоянной скоростью от двигателя  $M_2$ . При включении муфты  $M_2$  движение от двигателя, минуя коробку подач, непосредственно передается на вал XIII, который при быстром вращении муфтой обгона  $M_0$  автоматически разъединяется с корпусом червячного колеса  $Z = 36$ . Все перемещения стола могут осуществляться вручную соответствующими рукоятками.

## 5.2 Ход выполнения работы

### 5.2.1 Настройка фрезерного станка на нарезание винтовой канавки

На рисунке 5.3 *a* приведена схема наладки для обработки винтовых канавок на фрезерном станке с использованием делительной головки. На схеме показано взаимное расположение заготовки, стола станка, делительной головки, инструмента и приведены буквенные обозначения исходных данных, необходимых для расчета.

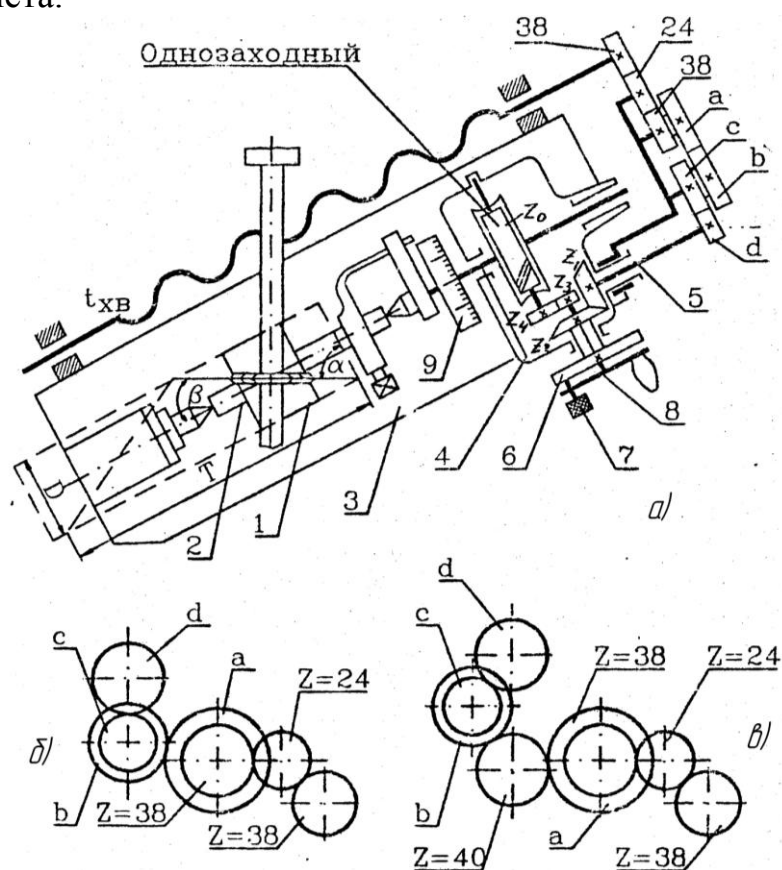


Рисунок 5.3 — Схемы: *a* — наладки фрезерного станка на получение спиральных поверхностей; *б, в* — расположения сменных зубчатых колес с учетом направления фрезеруемых винтовых канавок,

где *1* — заготовка; *2* — оправка; *3* — стол станка; *4* — шпиндель головки; *5* — промежуточный валик; *6* — делительный диск; *7* — фиксатор; *8* — рукоятка; *9* — лимб

Шпиндель делительной головки получает вращение от ходового винта продольной подачи стола. От ходового винта вращение передается через зубчатые колеса  $Z = 38$ ,  $Z = 24$ ,  $Z = 38$  на сменные колеса  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$ , от колеса  $d$  через промежуточный валик 5 и коническую пару  $Z_1$  и  $Z_2$  делительной головки — на лимб 9. Вращение лимба 9 через пружинный фиксатор 7, утопленный в одном из отверстий лимба, передается рукоятке 8, а далее через цилиндрическую пару  $Z_3$  и  $Z_4$  и червячную пару 1/40 — шпинделю делительной головки и закрепленной на нем заготовке.

Уравнение кинематического баланса, согласующее движения поворота заготовки на один оборот и продольного перемещения стола с заготовкой на величину шага  $T$  нарезаемой спиральной канавки, следующее:

$$1 \text{ об.заг.} \cdot \frac{40}{1} \cdot \frac{Z_4}{Z_3} \cdot \frac{Z_2}{Z_1} \cdot \frac{d}{c} \cdot \frac{b}{a} \cdot \frac{38}{24} \cdot \frac{24}{38} \cdot t_{\text{х.в.}} = T. \quad (5.3)$$

Откуда формула настройки:

$$\frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{40 \cdot t_{\text{х.в.}}}{T}. \quad (5.4)$$

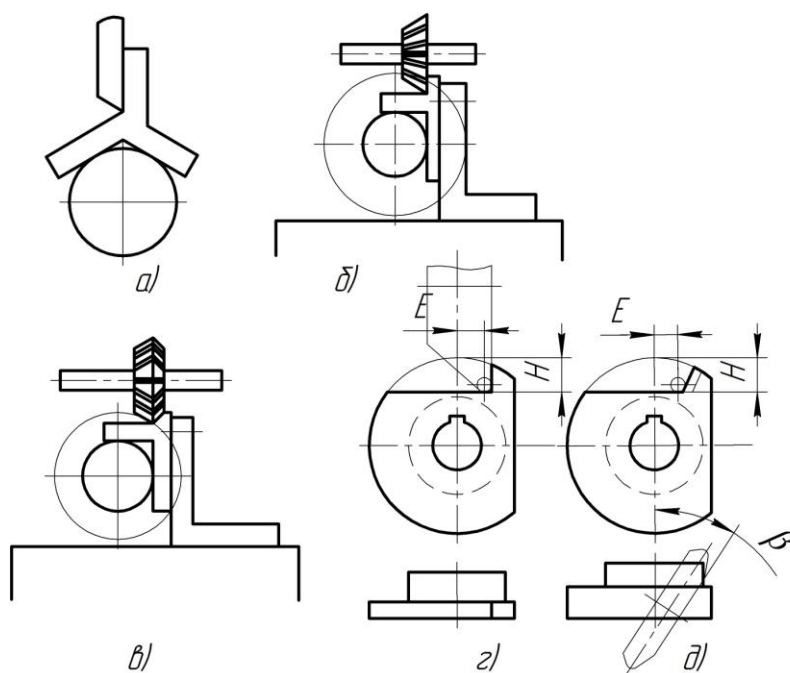


Рисунок 5.4 — Установка угловых фрез

Так как по окружности заготовки следует нарезать  $Z_{\text{изд}}$  равномерно расположенных винтовых канавок, то после обработки каждой очередной канавки заготовку поворачивают на  $1/Z_{\text{изд}}$  долю окружности и обрабатывают следующую канавку. Заготовка поворачивается вращением шпинделя делительной головки при помощи рукоятки 8 и фиксатора 7, который переставляют по отверстиям делительного диска.



Передаточное отношение червячной пары делительной головки равно  $1/40$ , следовательно, за один оборот рукоятки  $8$  шпиндель  $4$  вместе с заготовкой поворачивается на  $1/40$  часть окружности. Величина, обратная передаточному отношению червячной пары, называется характеристикой  $N$  головки, т. е.  $N = 40$ . Чтобы повернуть шпиндель с заготовкой на  $1/Z_{\text{изд}}$  окружности, рукоятке  $8$  надо сообщить число оборотов  $n$ , которое можно определить по формуле

$$n = \frac{N}{Z_{\text{изд}}}. \quad (5.5)$$

Плоскость вращения фрезы должна быть параллельна касательной к образующей обрабатываемой поверхности в точке ее контакта с режущей кромкой инструмента в нормальном сечении. Поэтому стол станка должен быть повернут на угол наклона  $\beta$  фрезеруемой винтовой канавки. В зависимости от того, какая винтовая канавка (правая или левая) должна быть обработана, стол станка поворачивают в ту или иную сторону. На рисунке 5.3 *a* стол повернут для обработки правой винтовой канавки, при обработке левых канавок стол нужно повернуть в противоположную сторону.

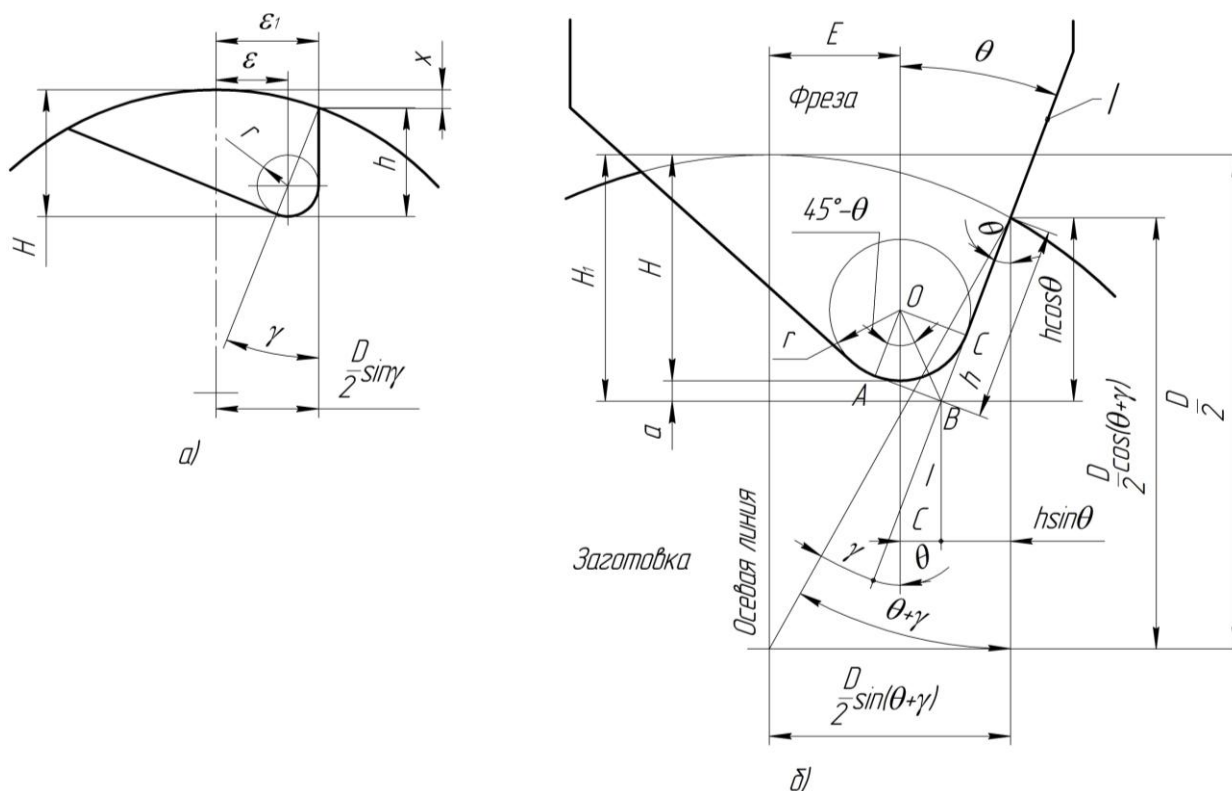


Рисунок 5.5 — Схемы: *a* — расчета при фрезеровании прямых зубьев одноугловой фрезой; *б* — фрезерования прямых зубьев двухугловой фрезой

При обработке правых винтовых канавок сменные зубчатые колеса  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  устанавливаются в гитаре так, как показано на рисунке 5.4 *б*.

Если обработке подлежат левые винтовые канавки, в гитару добавляют паразитное колесо  $Z = 40$  и устанавливают сменные зубчатые колеса по схеме, показанной на рисунке 5.4 в.

При фрезеровании винтовых канавок станок настраивают в следующей последовательности: 1) поворотом стола универсально-фрезерного станка поворачивают заготовку на угол  $\omega$ ; 2) поперечным движением стола смещают рабочую фрезу по отношению к оси заготовки на величину  $E$ ; 3) вертикальным смещением стола с помощью специальных блоков устанавливают фрезу на глубину  $H$  под углом  $\beta$  (рисунок 5.4 д).

При фрезеровании зубьев фрезы устанавливают с помощью контрольных роликов и шаблонов. Одноугловые фрезы можно устанавливать по центру изделия с помощью угольника и срезанного до оси ролика, по оправке с нанесенной по оси риску, с помощью специального шаблона (рисунок 5.4 а) или специального приспособления (рисунок 5.4 б). После установки фрезы по оси, в центрах устанавливают заготовку инструмента, подводят ее до касания с фрезой и по лимбам смещают стол в горизонтальной плоскости на величину  $E$  и поднимают его в вертикальной плоскости на величину  $H$ .

Двухугловые фрезы устанавливают по центру с помощью ролика и шаблона или приспособления (рисунок 5.4 в и г).

Приблизительно угол поворота стола принимают равным углу  $\omega$ , который рассчитывают по формуле

$$tg\omega = tg\beta \cdot \cos \theta + \gamma, \quad (5.6)$$

где  $\omega$  — угол поворота станка;  $\beta$  — угол наклона винтовой канавки;  $\theta$  — угол профиля той стороны фрезы, которая обрабатывает переднюю поверхность заготовки;  $\gamma$  — передний угол обрабатываемого инструмента.

Наладка станка на фрезерование канавок нужной глубины производится следующим образом. Прямые стружечные канавки зубьев на цилиндрической поверхности фрезеруют одноугловыми, двухугловыми или фасонными фрезами. Двухугловые фрезы обеспечивают лучшее качество поверхности и имеют большую стойкость. Профиль дисковой фрезы совпадает с профилем канавки, а установка фрезы по отношению к оси заготовки осуществляется с помощью параметров настройки  $E$  и  $H$ ; параметр  $E$  — горизонтальное смещение от оси заготовки, а параметр  $H$  — вертикальное перемещение.

На рабочем чертеже инструмента профиль канавки задается размерами фаски, высотой  $h$ , величиной переднего угла  $\gamma$  и радиусом у основания зуба  $r$ .

При фрезеровании прямых зубьев одноугловой фрезой (рисунок 5.5 а) параметры  $E$  и  $H$  вычисляют по формулам

$$E = \frac{D}{2} \sin \gamma - r; \quad (5.7)$$

$$H = h + \frac{D}{2} (1 - \cos \gamma).$$

При фрезеровании двухугловой фрезой (рисунок 5.5 б)

$$E = \frac{D}{2} \sin \theta + r - h \sin \theta - r \sqrt{2} \sin 45^\circ - r ;$$

$$H = \frac{D}{2} - \left[ \frac{D}{2} \cos \theta + r - h \cos \theta \right] - r \left[ \sqrt{2} \cos 45^\circ - \cos \theta - 1 \right],$$
(5.8)

где  $\theta$  принимают не менее  $10 - 15^\circ$ ,  $k = 2$  мм.

Для сверла:

$$r = 0,191 \cdot D_{\text{сверла}} ;$$
(5.9)

$$h = h_{\text{факт}} + r + k,$$
(5.10)

где

$$h_{\text{факт}} = \frac{D_{\text{сверла}} - d_{\text{сердц}}}{2}, d_{\text{сердц}} = 0,13 \div 0,15D.$$
(5.11)

Для зенкера и концевой фрезы радиус выбираем из ряда:  $r = 2; 2,5; 3$ .

$$h = 0,1 \div 0,16d,$$
(5.12)

где  $d$  — диаметр инструмента.

В таблице 5.1 приведены формулы, необходимые для расчета настройки делительной головки при фрезеровании винтовых канавок.

Таблица 5.1 — Основные зависимости для настройки станка при фрезеровании винтовых канавок

Определяемые параметры	Расчетная формула
Диаметр детали, $D$	Задается чертежом
Число винтовых канавок, $Z_{\text{изд}}$	Задается чертежом
Угол наклона винтовой линии, $\beta$	$\text{tg } \beta = \frac{\pi D}{T}$
Угол подъема винтовой линии, $\alpha$	$\alpha = 90^\circ - \beta ; \text{tg } \alpha = \frac{T}{\pi D}$
Шаг винтовой линии, $T$	$T = \pi D \cdot \text{tg } \alpha = \pi D \cdot \text{ctg } \beta$
Число оборотов рукоятки делительной головки, $n$	$n = \frac{N}{Z_{\text{изд}}}$
Характеристика фрезерного станка, $A$	$A = N \cdot t_{\text{х.в.}}$ , если $N = 40$ и $t_{\text{х.в.}} = 6$ , то $A = 240$
Передаточное отношение сменных колес гитары, $i_{\text{см}}$	$i_{\text{см}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{N \cdot t_{\text{х.в.}}}{T} = \frac{A}{T} = \frac{A \cdot \text{tg } \beta}{\pi D}$

Если не удастся обеспечить  $i_{\text{см}}$  имеющимися сменными колесами, выбирают  $i_{\text{см}}$ , ближайшее возможное, после чего определяют фактически настроен-

ный угол  $\beta$ . Кроме того, выбранные числа зубьев сменных зубчатых колес  $a, b, c, d$  необходимо проверить на условие сцепляемости, т. е.

$$a + b > c + 15 \text{ и } c + d > b + 15. \quad (5.13)$$

В наборе имеются сменные зубчатые колеса с числом зубьев 25 (2 шт.), 30, 35, 40 (2 шт.), 50 (2 шт.), 55, 60 (2 шт.), 70, 80 (2 шт.), 90, 100, 125.

### 5.3 Порядок выполнения работы

#### 5.3.1 Настройка и наладка фрезерного станка

1. Изучить чертеж детали, подлежащей обработке. Определить наличие исходных данных, необходимых для расчета наладки станка на обработку спиральных канавок, определить недостающие данные.

2. Выполнить эскиз обрабатываемой детали (рисунок 5.6) и выполнить схему наладки станка, аналогичную показанной на рисунке 5.3 а.

3. На схеме наладки и эскизе изделия указать конкретные значения всех исходных данных, необходимых для расчетов наладки станка.

4. Рассчитать передаточное отношение сменных зубчатых колес, гитары, выбрать сменные зубчатые колеса из имеющегося набора, составить схему расположения сменных зубчатых колес в гитаре с учетом направления фрезеруемых винтовых канавок (рисунок 5.3 б, в).

5. Рассчитать настройку делительной головки для деления окружности заготовки на заданное число канавок.

#### 5.3.2 Варианты заданий

Таблица 5.2 — Параметры обрабатываемых деталей

№	Сверло					Зенкер					Фреза концевая				
	$D$	$l$	$z$	$\beta$	$\gamma$	$D$	$l$	$z$	$\beta$	$\gamma$	$D$	$l$	$z$	$\beta$	$\gamma$
1	20	150	2	25	4	21	100	3	10	8	20	38	6	10	8
2	21	155	2	30	5	20,5	100	4	20	9	20	38	4	20	9
3	22	160	2	20	7	21	110	3	25	9	22	38	6	25	9
4	23	160	2	20	8	21	110	4	20	10	22	38	4	20	10
5	23,5	160	2	25	9	22	120	3	20	11	25	45	6	20	11
6	24	170	2	30	10	22	120	4	20	12	25	45	4	20	12
7	28	190	2	30	11	23	130	3	20	13	28	45	6	20	13
8	28,5	190	2	30	12	23	130	4	25	11	28	45	4	25	10
9	30	200	2	25	13	24	140	3	25	14	20	38	4	25	13
10	31	205	2	25	11	24	140	4	25	15	20	38	6	25	13
11	32	205	2	25	15	25	145	3	15	14	20	38	4	15	14
12	22	235	2	25	9	25	145	4	15	13	22	38	6	15	13
13	23	240	2	30	8	26	150	3	10	12	25	45	4	10	12
14	23,5	240	2	30	7	26	150	4	10	11	25	45	6	10	11
15	24	245	2	30	6	27	155	3	15	10	25	45	6	15	10
16	24,5	245	2	20	5	27	155	4	25	9	25	45	6	25	9
17	25	245	2	20	4	28	160	3	25	8	25	45	4	25	8

Окончание таблицы 5.2

№	Сверло					Зенкер					Фреза концевая				
	$D$	$l$	$z$	$\beta$	$\gamma$	$D$	$l$	$z$	$\beta$	$\gamma$	$D$	$l$	$z$	$\beta$	$\gamma$
18	25,5	255	2	20	3	28,5	160	4	10	9	28	45	4	10	9
19	26	255	2	25	2	29	165	3	15	10	28	45	4	15	10
20	26,5	255	2	25	3	29	165	4	25	11	28	45	4	25	11
21	27	265	2	25	4	30	170	3	10	12	28	45	6	10	12
22	27,5	265	2	30	5	30	170	4	15	13	28	45	6	15	13
23	28	265	2	30	6	31	175	3	25	14	28	45	6	25	14
24	28,5	275	2	30	7	31	175	4	10	15	32	53	4	10	15
25	29	275	2	20	8	31,5	180	3	15	14	32	53	6	15	14
26	29,5	275	2	25	9	31,5	180	4	20	13	32	53	6	20	13
27	30	275	2	25	10	33	185	3	25	12	32	53	4	25	12
28	33	275	2	20	11	33	185	4	15	11	32	53	4	15	11
29	34	275	2	30	6	34	190	3	10	10	32	53	6	10	10
30	35	275	2	30	6	34	195	4	25	9	32	53	6	25	9

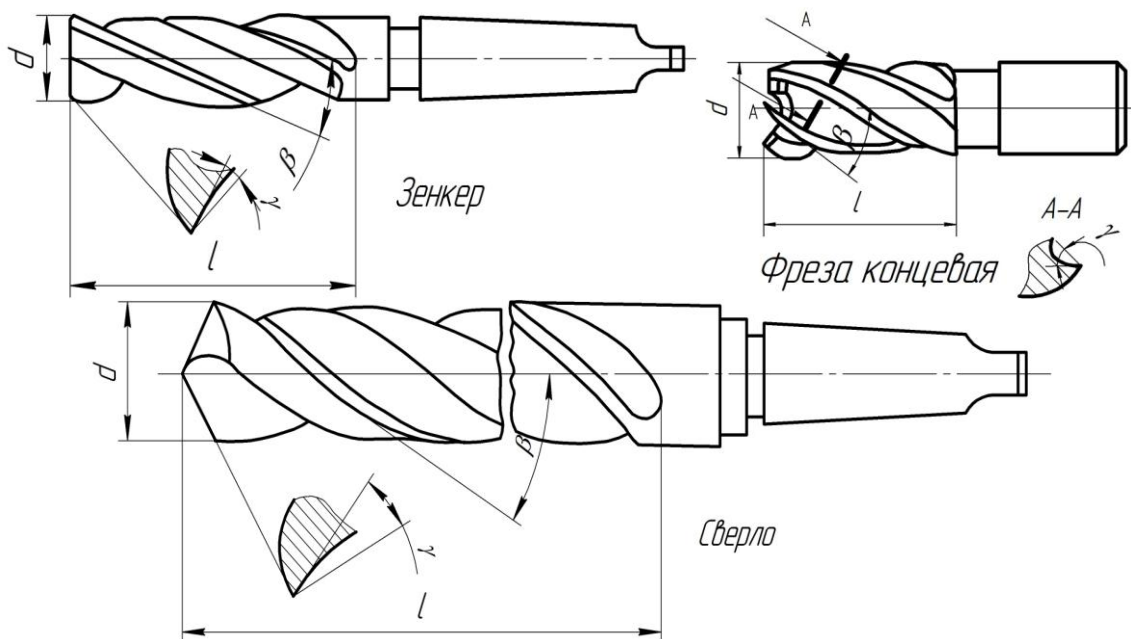


Рисунок 5.6 — Эскиз детали

### 5.4 Вопросы для самопроверки

1. Какие движения должна получать заготовка для образования на ее цилиндрической поверхности винтовой канавки требуемого шага?
2. Как должны быть согласованы эти движения?
3. Как производится наладка станка на фрезерование винтовой канавки нужной глубины?
4. Как определить угол подъема винтовой линии?
5. Как рассчитать ошибку в шаге нарезаемой винтовой канавки?

### 5.5 Содержание и последовательность оформления отчета

1. Титульный лист.

2. Эскиз детали.
3. Расчет чисел зубьев сменных зубчатых колес гитары, настройка фрезерного станка.
4. Схема расположения сменных зубчатых колес в гитаре.
5. Схема наладки фрезерного станка.
6. Заключение о величине отклонения значения полученного шага от теоретического значения.

### **Рекомендуемая литература**

1. Палей, М. М. Технология производства металлорежущих инструментов : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / М. М. Палей. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1982. — 256 с., ил.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. — 4-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1985. — 496 с., ил.
3. Металлорежущие станки / под ред. В. К. Тепинкичиева. — Москва : Машиностроение, 1973. — 472 с.
4. Шавлюга, Н. С. Расчет и примеры наладок зубофрезерных и зубодолбежных станков / Н. С. Шавлюга. — 3-е изд., перераб. и доп. — Ленинград : Машиностроение, 1978. — 168 с.

## **Лабораторная работа № 6**

### **Изучение кинематической схемы и настройка вертикально зубофрезерного станка модели 5Д32**

*Цель работы:* изучить конструкцию и кинематику станка и приобрести практические навыки в настройке вертикально зубофрезерного станка модели 5Д32.

#### **6.1 Общая характеристика станка**

##### **6.1.1 Назначение станка**

Станок предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьями и для нарезания червячных колес как методом радиальной, так и методом тангенциальной подачи. При наличии специальных приспособлений можно нарезать шестерни внутреннего зацепления.

##### **6.1.2 Движения в станке**

*Движение резания* — вращения шпинделя фрезерного суппорта с червячной фрезой. *Движения подачи* — вертикальное перемещение фрезерного суппорта

та, радиальное перемещение подвижной стойки и тангенциальное перемещение суппорта.

Движением обкатки и деления является непрерывное вращение стола с заготовкой. *Вспомогательные движения* — быстрые механические и ручные установочные перемещения фрезерного суппорта и подвижной стойки.

### 6.1.3 Принцип работы

Станок работает по методу обкатки, т. е. механического воспроизводства зацепления червяка (червячной фрезы) с колесом (заготовкой). Червячная фреза соответствующего модуля и диаметра закрепляется на оправке в шпинделе фрезерного суппорта.

Обрабатываемая деталь или комплект одновременно обрабатываемых деталей устанавливается на оправке в шпинделе стола, а при больших размерах колес непосредственно на столе станка.

Червячной фрезе и заготовке принудительно сообщают вращательные движения с такими угловыми скоростями, которые они имели бы, находясь в действительном зацеплении.

При нарезании колес с прямыми зубьями ось шпинделя фрезерного суппорта устанавливается под углом к горизонтальной плоскости, равным углу подъема винтовой линии червячной фрезы. Для нарезания колес с косыми зубьями ось шпинделя фрезерной бабки устанавливается под углом, равным сумме или разности углов наклона зубьев колеса и подъема винтовой линии фрезы в зависимости от сочетания направлений винтовых линий зубьев и витков фрезы. При нарезании червячных колес фрезу устанавливают горизонтально, т. е.  $\alpha = 0$ . Нарезание цилиндрических колес производится с вертикальной подачей фрезерного суппорта.

Для обеспечения возможности фрезерования колес попутным методом на станке модели 5Д32 предусмотрено нагрузочное гидравлическое устройство.

Гидравлическое поджимное устройство состоит из неподвижного штока с поршнем и цилиндра, связанного с салазками фрезерного суппорта. При фрезеровании попутным методом масло подводится в верхнюю полость цилиндра противовеса и поджимает противовес вместе с фрезерным суппортом вверх, устраняя возможность произвольного перемещения фрезерной бабки под действием усилия в пределах зазора между резьбой винта вертикальной подачи и маточной гайки.

При нарезании червячных колес методом радиальной подачи используются цилиндрические червячные фрезы. При обработке червячных колес по методу радиальной подачи червячная фреза постепенно врезается в заготовку, перемещаясь в радиальном направлении (рисунок 6.1 а).

Движение подачи сообщают подвижной стойке в радиальном направлении до тех пор, пока расстояние между осями фрезы и заготовками не станет равным межцентровому расстоянию передачи.

В случае нарезания червячных колес методом тангенциальной подачи (см. рисунок 6.1 б) применяются червячные фрезы с конической заборной частью, которые при настройке станка устанавливают сразу на заданное межцентровое расстояние; подачу при этом сообщают протяжному суппорту с червячной фрезой вдоль ее оси. Этот метод нарезания более точен.

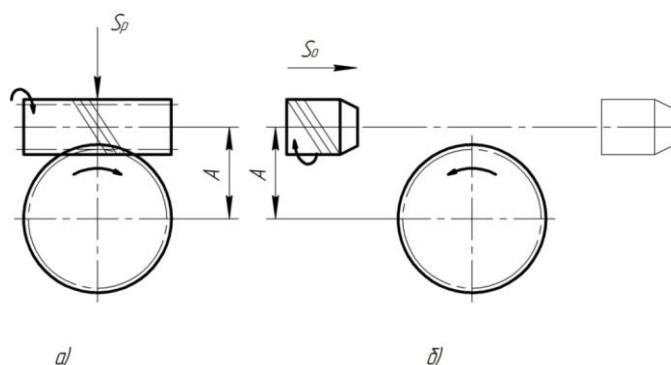


Рисунок 6.1 — Схемы нарезания червячных колес:

- a* — методом радиальной подачи;
- б* — методом тангенциальной подачи

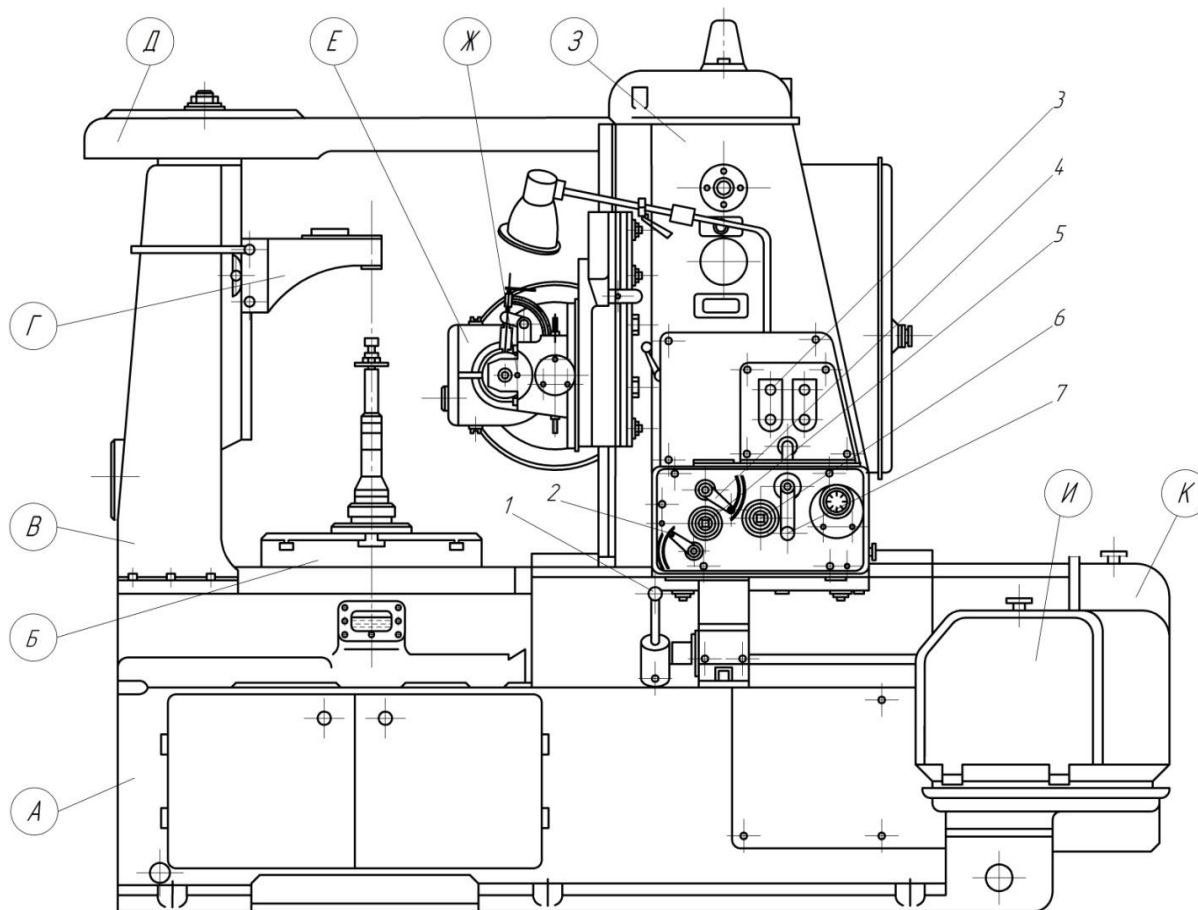


Рисунок 6.2 — Общий вид зубофрезерного полуавтомата модели 5Д32. Основные узлы станка:

- A* — станина; *Б* — стол; *В* — стойка; *Г* — поддерживающий кронштейн;
- Д* — поперечина; *Е* — фрезерный суппорт; *З* — подвижная стойка; *И* — гитара дифференциала и подачи; *К* — делительная гитара



## 6.1.4 Кинематическая схема вертикально зубофрезерного станка 5Д32

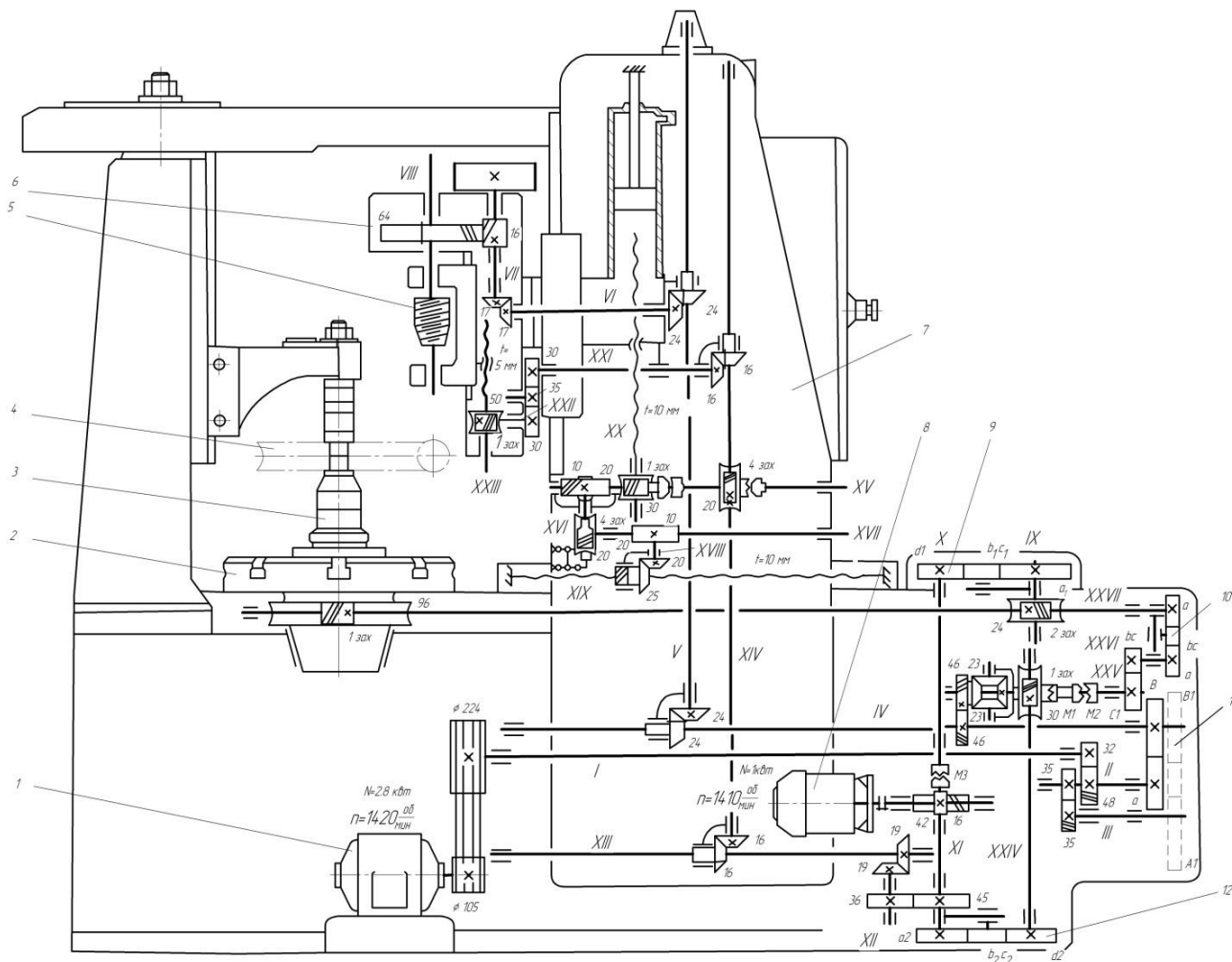


Рисунок 6.3 — Кинематическая схема вертикально зубофрезерного станка 5Д32

### 6.1.5 Главное движение резания

Вращение шпинделя (рисунок 6.3) с фрезой осуществляется по цепи: электродвигатель мощностью 2,8 кВт с числом оборотов  $n = 1420$  в минуту, клиноременная передача 105–224, вал I, шестерни 32–48, вал II, шестерни 35–35, вал III, сменные колеса  $A_1$ – $B_1$ , вал IV, конические шестерни 24–24, вал V, конические шестерни 24–24, вал VI, шестерни 17–17, вал VII, шестерни 16–64, шпиндель VIII.

Для обеспечения равномерности вращения шпинделя с фрезой на валу VII установлен маховик.

Число оборотов шпинделя фрезерного суппорта  $n_\phi$  определяется из уравнения кинематической цепи движения резания, имеющего вид

$$n_\phi = 1420 \cdot \frac{105}{224} \cdot 0,985 \cdot \frac{32 \cdot 35 \cdot A_1 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 17 \cdot 16}{48 \cdot 35 \cdot B_1 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 17 \cdot 64}, \text{ об/мин.}$$

Прилагаемый комплект сменных колес обеспечивает возможность получения семи различных чисел оборотов шпинделя.

### 6.1.6 Движение обкатки и деления заготовки

Это движение (вращение стола с нарезаемым колесом) заимствуется от вала *IV*, вращение от которого передается столу через косозубые шестерни 46—46, дифференциал, вал *XXV*, колеса переключения *C<sub>1</sub>—D<sub>1</sub>*, вал *XXVI*, сменные колеса *a—b* и *c—d* делительной гитары, вал *XXVII* и червячную передачу 1—96.

Уравнение кинематической цепи, связывающей вращение заготовки  $n_3$  с вращением фрезы  $n_\phi$ , имеет вид:

$$n_3 = n_\phi \frac{64 \cdot 17 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 46}{16 \cdot 17 \cdot 24 \cdot 24 \cdot 46} \cdot i_{\text{диф}} \cdot \frac{C_1 \cdot a \cdot c \cdot 1}{D_1 \cdot b \cdot d \cdot 96}, \text{ об/мин.}$$

Для сообщения столу с заготовкой добавочного вращения, необходимого для нарезания цилиндрических колес с косыми зубьями, червячных колес методом тангенциальной подачи и колес с количеством зубьев, выраженных простыми числами, для которых нет соответствующих сменных колес, используют дифференциал, для чего выключают муфту  $M_2$  и включают муфту  $M_1$  (как показано на схеме). Дополнительное движение обкатки получают от вала *XI* через гитару сменных колес  $a_2—b_2$  и  $c_2—d_2$  вал *XXIV*, червячную передачу 1—30 и дифференциал.

### 6.1.7 Движения подач

Эти движения осуществляются от вала *XXVII* через червячную передачу 2—24, вал *IX*, сменные колеса  $a_1—b_1$  и  $c_1—d_1$  гитары подач, вал *X*, кулачковую муфту  $M_3$ , вал *XI*, шестерни 45—36, вал *XII*, конические шестерни 19—19, вал *XIII*, конические шестерни 16—16 и вал *XIV*. От вала *XIV* движение подач разветвляется.

Для сообщения вертикальной подачи фрезерному суппорту включаются кулачковые муфты  $M_4$  и  $M_5$ . Тогда вращение от вала *XIV* через червячную передачу 4—20, вал *XV* и червячную передачу 5—30 сообщается вертикальному ходовому винту *XX*. Величина вертикальной подачи фрезерной бабки  $S_B$  за один оборот стола с заготовкой может быть определена из уравнения:

$$S_B = 1_{\text{об.к.}} \cdot \frac{96 \cdot 2 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot 45 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 5}{1 \cdot 24 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot 36 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 20 \cdot 30} \cdot 10, \text{ мм/об.}$$

Подбор сменных колес гитары подач в зависимости от заданной величины вертикальной подачи производится по формуле

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 0,3 \cdot S_B.$$

Радиальная подача подвижной стойки обеспечивается при включении муфты  $M_4$  и четырехзаходного падающего червяка. В этом случае движение от вала  $XIV$  сообщается маточной гайке, связанной с горизонтальным ходовым винтом  $XIX$ , через червячную передачу  $4—20$ , вал  $XV$ , шестерни  $10—20$ , вал  $XVI$ , червячную передачу  $4—20$  (с падающим червяком), вал  $XVII$ , шестерни  $10—20$ , вал  $XVIII$  и конические шестерни  $20—25$ . Уравнение кинематической цепи для определения величины радиальной подачи подвижной стойки  $S_p$  имеет вид:

$$S_p = 1_{\text{об.к.}} \cdot \frac{96 \cdot 2 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot 45 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 4 \cdot 10 \cdot 20}{1 \cdot 24 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot 36 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 25} \cdot 10, \text{ мм/об.}$$

В этом случае подбор сменных колес гитары подач производится по уравнению:

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{5S_p}{4}.$$

Протяжной суппорт, устанавливаемый взамен нормального, получает движение тангенциальной подачи от вала  $XIV$ , через конические шестерни  $16—16$ , вал  $XXI$ , шестерни  $30—35—30$ , червячную передачу  $1—50$  и ходовой винт  $XXIII$ . Уравнение кинематической цепи для этого случая имеет вид:

$$S_T = \frac{96 \cdot 2 \cdot a_1 \cdot c_1 \cdot 45 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 30 \cdot 1}{1 \cdot 24 \cdot b_1 \cdot d_1 \cdot 36 \cdot 19 \cdot 16 \cdot 16 \cdot 30 \cdot 50} \cdot 5, \text{ мм/об.}$$

При работе с тангенциальной подачей подбор сменных колес следует производить по формуле

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = S_T.$$

### 6.1.8 Вспомогательные движения

Быстрые перемещения всех рабочих органов станка осуществляются от электродвигателя мощностью 1 кВт с числом оборотов 1410 в минуту, через винтовые колеса  $16—42$ , вал  $XI$  и далее по кинематическим цепям подач.

### 6.2 Ход выполнения работы

Кинематические связи между отдельными звеньями станка устанавливаются с помощью настраиваемых кинематических цепей, имеющих органы настройки в виде гитар: а) скоростей; б) деления; в) подачи; г) дифференциала. Определение передаточных отношений и чисел зубьев сменных колес составляет основную задачу кинематического расчета настройки.

### 6.3 Цепь главного движения

Назначение цепи — обеспечить необходимую окружную скорость вращения фрезы, т. е. скорость резания.

Расчетные перемещения:  $n$  об/мин  $\rightarrow n_{\phi}$  об/мин.

Допустимая погрешность настройки гитары  $\pm 2\%$ .

По заданным размерам фрезы  $d_{\phi}$  и заданной скорости резания  $v$  рассчитать требуемое число фрезы  $n_{\phi}$ , используя формулу:

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d_{\phi}}. \quad (6.1)$$

Формула настройки гитары скоростей (рисунок 6.4 а):

$$i_{\text{ск}} = \frac{A_1}{B_1} = \frac{n_{\phi}}{109,3}. \quad (6.2)$$

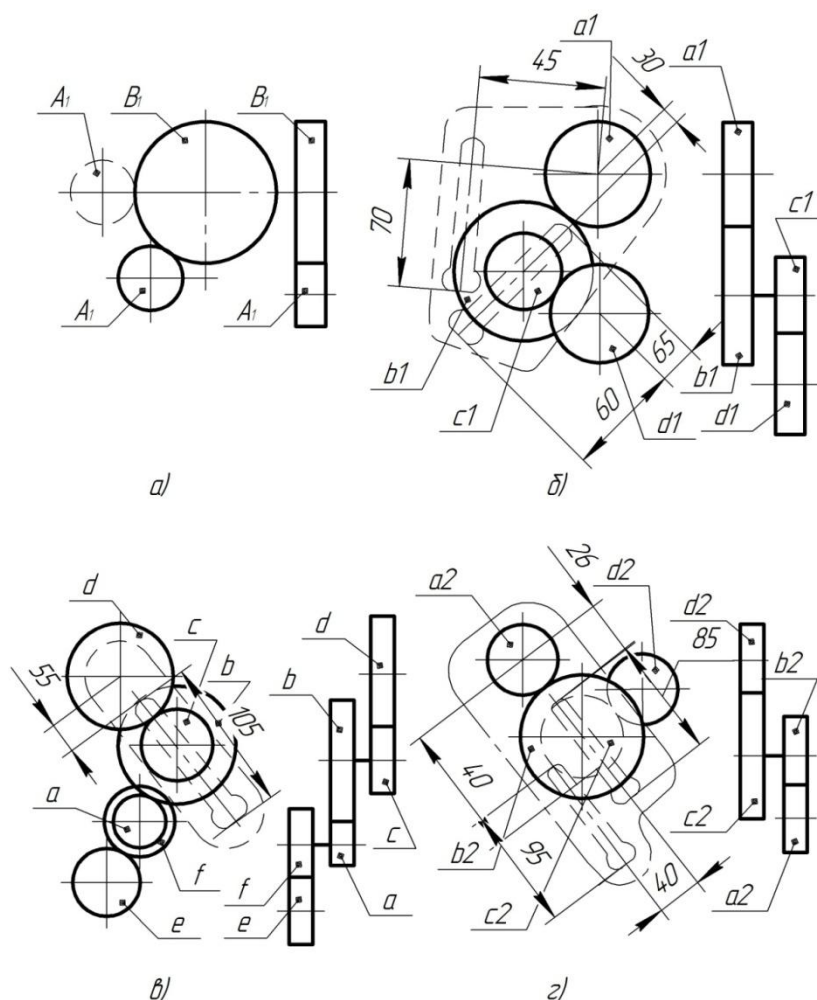


Рисунок 6.4 — Гитары зубчатых колес зубофрезерного станка мод. 5Д32: а — гитара скоростей; б — гитара подачи; в — гитара деления; г — гитара дифференциала

После выбора пары сменных колес проверить условия сцепляемости:

$$A_1 + B_1 = 60. \quad (6.3)$$

Расстояние между осями сменных колес  $A_1$  и  $B_1$  постоянное (рисунок 6.4 а). К станку придается набор, состоящий из следующих сменных пар колес: 38 и 22, 35 и 25, 28 и 32, 18 и 42.

#### 6.4 Настройка гитары деления

Кинематическая цепь деления должна обеспечивать вращение червячной фрезы и стола с закрепленным нарезаемым колесом в соответствии с передаточным отношением, определяемым числом заходов  $k$  червячной фрезы и количеством зубьев  $Z_k$  нарезаемого колеса. Из условий взаимной обкатки следует, что за один оборот червячной фрезы нарезаемое колесо должно совершить  $\frac{k}{Z_k}$  оборота.

Расчетные перемещения: 1 оборот фрезы  $\rightarrow \frac{k}{Z_k}$  оборота стола.

Настройку гитары деления (рисунок 6.4 в) следует обеспечить без погрешности (абсолютно точно!).

При нарезании зубчатых колес с числом зубьев  $z < 161$  устанавливают сменные колеса  $C_1 = 36$  и  $D_1 = 36$ . Тогда формула гитары деления примет вид:

$$i_{\text{дел}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24k}{Z_k}. \quad (6.4)$$

Если нарезают колеса с числом зубьев  $z > 161$ , устанавливают сменные зубчатые колеса  $C_1 = 24$  и  $D_1 = 48$  и уравнение принимает вид:

$$i_{\text{дел}} = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48k}{Z_k}, \quad (6.5)$$

где  $k$  — число заходов червячной фрезы;  $Z_k$  — число зубьев нарезаемого колеса.

К зубофрезерному станку мод. 5Д32 прилагается комплект сменных шестерен с числом зубьев 20 (2 шт.), 23, 24, 25 (2 шт.), 27, 30, 33, 34, 35, 37, 38, 40, 41, 42, 43, 45, 47, 48, 50, 53, 55, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 65, 67, 70, 71, 73, 75, 79, 80, 83, 85, 89, 90, 92, 95, 97, 98, 100.

После подборки сменных зубчатых колес проверить условие сцепляемости:

$$a + b \geq c + 15 \text{ и } c + d \geq b + 15. \quad (6.6)$$

Максимальное число оборотов стола не должно превышать 8 об/мин.

Число оборотов стола определяем по формуле (в об/мин):

$$n_{\text{ст}} = \frac{n_{\phi} \cdot k}{Z_{\kappa}}, \quad (6.7)$$

где  $n_{\phi}$  — число оборотов фрезы в об/мин;  $k$  — число заходов фрезы;  
 $Z_{\kappa}$  — число зубьев нарезаемого колеса. Если окажется  $n_{\text{ст}} > 8$  об/мин, следует пересчитать соответственно  $n_{\text{ст}}$  (уменьшить скорость резания).

### 6.5 Настройка гитары подач

Эта цепь предназначена для обеспечения определенной скорости перемещения инструмента вдоль зуба нарезаемого зубчатого колеса.

Расчетные перемещения: 1 оборот стола с заготовкой  $\rightarrow S_{\text{г}}$  (мм) суппорта.

Гитара двухпарная (рисунок 6.4 б). Допустимая погрешность настройки  $\pm 2\%$ . Набор сменных зубчатых колес — см. пункт 6.3.

В соответствии с заданной величиной подачи  $S$  (мм/об) рассчитать требуемое передаточное отношение гитары подач и подобрать сменные шестерни. Настройка сменных зубчатых колес осуществляется по следующим формулам:  
 при вертикальной подаче суппорта

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 0,3 \cdot S_{\text{в}}, \quad (6.8)$$

при радиальной подаче

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{5S_{\text{р}}}{4}, \quad (6.9)$$

при тангенциальной подаче

$$i_{\text{см}} = \frac{a_1 \cdot c_1}{b_1 \cdot d_1} = S_{\text{т}}. \quad (6.10)$$

После подборки сменных зубчатых колес проверить условие сцепляемости (формула 6.6).

### 6.6 Цепь дифференциала

Чтобы на заготовке получить косые зубья, ей необходимо сообщить дополнительное вращательное движение, согласованное с вертикальным поступательным перемещением, которое и обеспечивается на станке с помощью цепи дифференциала. В случае нарезания червячных колес методом осевой (тангенциальной) подачи цепь дифференциала необходима для того, чтобы компенсировать погрешность, вносимую в обкаточное движение осевым перемещением фрезы. Если производится нарезание цилиндрических колес с прямыми зубьями и червячных колес с радиальной подачей, дифференциал выключают посредством муфты и передаточное отношение  $i_{\text{диф}} = 1$ .

Расчетные перемещения: 1 оборот стола  $\rightarrow T$  (мм) перемещения фрезы, где  $T$  — шаг винтовой линии зуба.

Двухпарная гитара (рисунок 6.4 з) дифференциала настраивается приближенно, однако с такой степенью точности, чтобы погрешность угла наклона зубьев нарезаемого колеса находилась в пределах допуска (до 2 %). Набор сменных зубчатых колес — см. пункт 6.3.

При обработке цилиндрических колес с косыми зубьями подбор сменных зубчатых колес гитары дифференциала производится по следующей формуле:

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{7,95775 \sin \nu}{m_n k}, \quad (6.11)$$

где  $a_1, b_1, c_1, d_1$  — сменные колеса гитары дифференциала;  $k$  — число заходов червячной фрезы;  $m_n$  — модуль нарезаемого цилиндрического колеса.

Подставляя в формулу значения  $\sin \nu$ ,  $m_n$  и  $k$ , определяем передаточное отношение гитары дифференциала. Определяя передаточное отношение гитары дифференциала  $\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1}$ , всегда получаем дробную величину передаточных отношений. Расчет будет удовлетворительным, если дробь брать с точностью до пятого или шестого знака после запятой.

При нарезании колес с тангенциальной подачей гитара дифференциала настраивается по величине осевого модуля числу заходов фрезы. Подбор сменных зубчатых колес гитары дифференциала в этом случае производится по формуле

$$\frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = \frac{2,3873234}{m_{oc} k}, \quad (6.12)$$

где  $a_1, b_1, c_1, d_1$  — сменные колеса гитары дифференциала;  $m_{oc}$  — осевой модуль нарезаемого червячного колеса;  $k$  — число заходов червячной фрезы.

После подборки сменных зубчатых колес проверить условие сцепляемости (формула 6.6).

## 6.7 Определение угла наклона оси фрезы к углу заготовки

При нарезании червячных колес методом радиальной и осевой (тангенциальной) подачи угол наклона оси фрезы к оси заготовки не определяется и равен нулю.

При нарезании цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьям по углам наклона зубьев и направлениям винтовых линий фрезы и нарезаемой шестерни определяем требуемый угол наклона оси фрезы к оси заготовки и изображаем схему их взаимного расположения (рисунок 6.5).

Угол наклона оси фрезы относительно оси заготовки при нарезании винтового зуба определяется по формуле

$$\alpha = \nu \pm \psi, \quad (6.13)$$

где  $\varphi$  — угол наклона оси фрезы, град.;  $\omega$  — угол подъема винтовой спирали фрезы, град.

При этом знак «+» используется в случае разноименных направлений спиралей на фрезе и заготовке, а знак «-» — при одноименных направлениях спиралей.

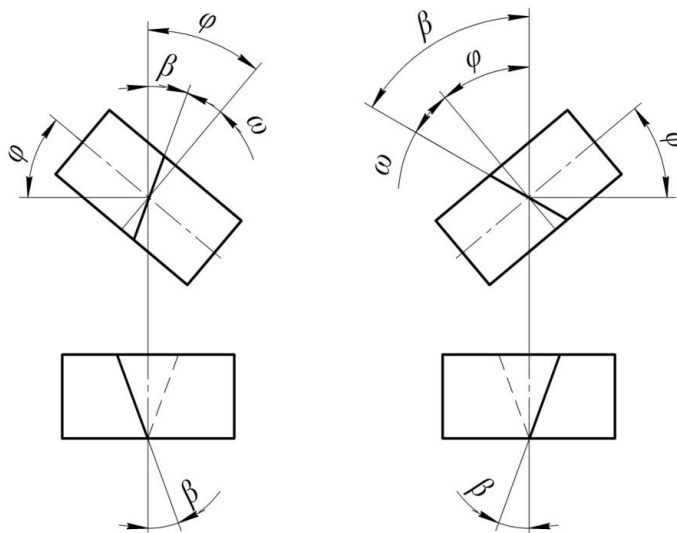


Рисунок 6.5 — Определение угла наклона оси фрезы

## 6.8 Порядок выполнения работы

### 6.8.1 Настройка станка для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямыми зубьями

В этом случае настраиваются цепи: главного движения, обкатки (деления) и вертикальной подачи, также необходимо определить угол наклона оси фрезы к оси заготовки.

### 6.8.2 Настройка станка для нарезания цилиндрических зубчатых колес с косыми зубьями

В этом случае настраиваются цепи: главного движения, обкатки (деления), дифференциала, вертикальной подачи, а также необходимо определить угол наклона оси фрезы к оси заготовки.

Цепи главного движения, обкатки (деления) и вертикальной подачи, а также угол наклона оси фрезы к оси заготовки настраиваются так же, как и в пункте 6.3.1.

Цепь дифференциала (см. пункт 6.6).

### 6.8.3 Настройка станка для нарезания червячных колес методом радиальной подачи

При обработке данным методом настраиваются следующие цепи: главного движения, обкатки (деления) и цепь радиальной подачи. Угол наклона оси фрезы к оси заготовки при данном методе обработке равен нулю.



Цепи главного движения, обкатки (деления) настраиваются аналогично пункту 6.3.1, с той лишь разницей, что берется цепь не вертикальной, а радиальной подачи.

#### 6.8.4 Настройка станка для нарезания червячных колес методом осевой (тангенциальной) подачи

При обработке данным методом настраиваются следующие цепи: главного движения, обкатки (деления), цепь осевой подачи и дифференциала.

Цепи главного движения, обкатки (деления) настраиваются аналогично пункту 3.1., с той лишь разницей, что берется цепь не вертикальной, а осевой подачи, дополнительно к этим цепям настраивается цепь дифференциала.

Цепь осевой подачи (см. пункт 6.5).

Цепь дифференциала (см. пункт 6.6).

#### 6.8.5 Варианты заданий

Таблица 6.1 — Параметры червячной фрезы

№ варианта	$m$ , мм	$k$	$d_{\text{ф}}$ , мм	$\omega$ , град	№ варианта	$m$ , мм	$k$	$d_{\text{ф}}$ , мм	$\omega$ , град
1	1,25	1	63	1°13'	16	3	2	90	4°04'
2	1,25	2	63	2°08'	17	3,5	1	90	2°32'
3	1,5	1	80	1°08'	18	3,5	2	112	3°52'
4	1,5	2	80	2°10'	19	4	1	100	2°36'
5	1,75	1	63	1°59'	20	4	2	125	3°57'
6	1,75	2	80	1°21'	21	4,5	1	100	2°58'
7	2	1	90	2°32'	22	4,5	2	125	4°13'
8	2	2	70	3°28'	23	5	1	112	2°57'
9	2,25	1	70	2°02'	24	5	2	140	2°16'
10	2,25	2	90	2°53'	25	5,5	1	140	3°17'
11	2,5	1	80	1°59'	26	5,5	2	112	6°12'
12	2,5	2	100	2°53'	27	6	1	125	3°12'
13	2,75	2	80	4°19'	28	6	2	160	4°33'
14	2,75	1	100	1°43'	29	2	1	70	1°48'
15	3	1	112	1°40'	30	2,5	1	80	1°59'

Примечание: направление винтовой линии у всех вариантов — правое

Таблица 6.2 — Параметры нарезаемых цилиндрических колес

№ варианта	Параметры прямозубого колеса		Параметры косозубого колеса				Режимы резания	
	$m_n$ , мм	$z$	$m_n$ , мм	$z$	$\beta$ , град	Направление линии зуба	$v$ , м/мин	$S$ , мм/об
1	1,25	98	1,25	71	12	левое	16	0,25
2	1,25	71	1,25	98	13	правое	17	0,75
3	1,5	77	1,5	85	14	правое	18	0,5
4	1,5	86	1,5	77	16	левое	19	1,0
5	1,75	73	1,75	82	9	левое	20	1,25
6	1,75	82	1,75	72	10	правое	21	1,5
7	2	41	2	42	16	левое	22	1,75
8	2	43	2	44	17	правое	23	2,0
9	2,25	60	2,25	61	7	левое	24	2,5
10	2,25	63	2,25	62	8	правое	25	3,0
11	2,5	37	2,5	38	15	правое	16,5	0,25
12	2,5	39	2,5	36	11	левое	17,5	0,75
13	2,75	40	2,75	41	19	правое	18,5	0,5
14	2,75	42	2,75	43	14	левое	19,5	1,0
15	3	56	3	57	6	левое	20,5	1,25
16	3	53	3	59	16	правое	21,5	1,5
17	3,5	22	3,5	23	5	левое	22,5	1,75
18	3,5	27	3,5	24	8	правое	23,5	2,0
19	4	29	4	32	11	левое	24,5	2,5
20	4	31	4	28	13	правое	16,1	3,0
21	4,5	19	4,5	23	2	правое	16,2	0,25
22	4,5	21	4,5	22	6	левое	17,6	0,75
23	5	29	5	18	10	правое	18,1	0,5
24	5	23	5	20	12	левое	19,3	1,0
25	5,5	20	5,5	21	6	левое	20,8	1,25
26	5,5	22	5,5	19	11	правое	19,8	1,5
27	6	23	6	24	7	левое	24,7	1,75
28	6	26	6	25	8	правое	23,2	2,0
29	2	96	2	98	17	левое	21,1	2,5
30	2,5	82	2,5	77	3	правое	22,4	3,0

Примечание: угол наклона зубьев в прямозубом колесе  $\beta = 0$ .

Таблица 6.3 — Параметры червячной фрезы для нарезания червячных колес

№ варианта	$m$ , мм	$k$	$d_{ф}$ , мм	№ варианта	$m$ , мм	$k$	$d_{ф}$ , мм
1	2,5	1	32	16	8	2	93
2	2,5	2	42	17	12,5	1	160
3	3,15	1	40	18	12,5	2	210
4	3,15	2	52	19	12,5	1	185
5	4	1	51	20	3	2	38
6	4	2	67	21	3	1	44
7	5	1	64	22	3,5	2	45
8	5	2	84	23	3,5	1	52
9	6,3	1	80	24	3,5	2	59
10	6,3	2	106	25	6	1	76
11	8	1	134	26	6	2	89
12	8	2	102	27	6	1	100
13	10	2	127	28	12	2	152
14	10	1	168	29	12	1	202
15	10	1	148	30	12	1	178

Таблица 6.4 — Параметры нарезаемых червячных колес

№ варианта	С радиальной подачи			С тангенциальной подачи			Режимы резания
	$m$ , мм	$z$	$S$	$m$ , мм	$z$	$S$	$v$ , м/мин
1	2,5	28	0.06	2,5	29	0.075	16
2	2,5	29	0.12	2,5	34	0.15	16
3	3,15	38	0.18	3,15	43	0.225	17
4	3,15	37	0.24	3,15	53	0.30	17
5	4	36	0.30	4	78	0.375	18
6	4	35	0.36	4	72	0.45	18
7	5	41	0.42	5	42	0.525	19
8	5	43	0.48	5	44	0.60	18
9	6,3	60	0.60	6,3	61	0.75	20
10	6,3	63	0.72	6,3	62	0.90	20
11	8	37	0.06	8	38	0.075	16

#### Окончание таблицы 6.4

№ варианта	С радиальной подачей			С тангенциальной подачей			Режимы резания
	$m$ , мм	$z$	$S$	$m$ , мм	$z$	$S$	$v$ , м/мин
12	8	39	0.12	8	36	0.15	17
13	10	40	0.18	10	41	0.225	18,5
14	10	42	0.24	10	43	0.30	19,5
15	10	56	0.30	10	57	0.375	20,5
16	8	53	0.36	8	59	0.45	21,5
17	12,5	62	0.42	12,5	75	0.525	22,5
18	12,5	61	0.48	12,5	65	0.60	23,5
19	12,5	60	0.60	12,5	76	0.75	24,5
20	3	31	0.72	3	28	0.90	16,1
21	3	41	0.06	3	33	0.075	16,2
22	3,5	31	0.12	3,5	32	0.15	17,6
23	3,5	29	0.18	3,5	48	0.225	18,1
24	3,5	27	0.24	3,5	50	0.30	19,3
25	6	31	0.30	6	60	0.375	20,8
26	6	30	0.42	6	69	0.45	19,8
27	6	29	0.48	6	44	0.525	24,7
28	12	28	0.60	12	71	0.60	23,2
29	12	76	0.72	12	79	0.75	21,1
30	12	80	0.30	12	77	0.90	22,4

Примечание: подача за 1 оборот стола, мм

#### 6.9 Вопросы для самопроверки

1. В чем состоит сущность метода нарезания зубчатых колес методом обката (огибания)?
2. Почему при настройке гитары деления не допускается приближенный подбор шестерен?
3. В чем заключается преимущество метода обката?
4. Как определить угол поворота фрезы относительно оси заготовки при нарезании винтового зуба?
5. Из-за чего может возникнуть погрешность угла наклона зуба колеса при нарезании косозубого колеса?

6. Какие движения согласовывает гитара: а) деления; б) подачи; в) дифференциала?

### 6.10 Содержание отчета

1. Титульный лист.
2. Основные сведения о станке: наименование; модель.
3. Таблица данных для настройки и наладки станка.

Таблица 6.5 — Данные для настройки

Нарезаемая шестерня		Червячная фреза	
Число зубьев, $Z_k$		Число заходов, $k$	
Модуль нормальный $m_n$ , мм		Осевой модуль $m_{oc}$ , мм	
Угол наклона зубьев, $\beta$ , град.		Угол подъема винтовой линии $\omega$ , град.	
Направление зубьев		Направление винтовой линии	

Расчет требуемого числа оборотов фрезы, подбор сменных шестерен гитары, схема гитары, проверка сцепляемости шестерен.

Проверка допустимой скорости резания.

Расчет передаточного отношения гитары подачи, подбор шестерен, схема, проверка сцепляемости шестерен.

Расчет передаточного отношения гитары обката, подбор шестерен, схема, проверка сцепляемости шестерен.

Расчет передаточного отношения гитары дифференциала, подбор шестерен, схема, проверка сцепляемости шестерен.

Определение погрешности  $\Delta\beta$  угла наклона зубьев по выбранным числам зубьев шестерен и сопоставление значений с требованиями ГОСТ, расчетная схема.

Схема взаимного расположения фрезы и заготовки.

Заключение о фактических параметрах нарезанного зубчатого колеса.

## Лабораторная работа № 7

### Кинематика металлорежущих станков

*Цель работы:* изучение кинематических схем металлорежущих станков.

*Задача.* По кинематической схеме станка проанализировать кинематические цепи движений формообразования в соответствии с вариантами, приведенными в таблице 7.2. Ответ оформить в виде таблицы, содержащей графы: обеспечиваемое движение, расчетные перемещения, уравнение кинематического баланса.

### Пример выполнения задания

Проанализировать кинематические цепи зубодолбежного станка 5В150, кинематическая схема которого представлена на рисунке 7.1, и составить необходимые уравнения перемещений и кинематического баланса (таблица 7.1).

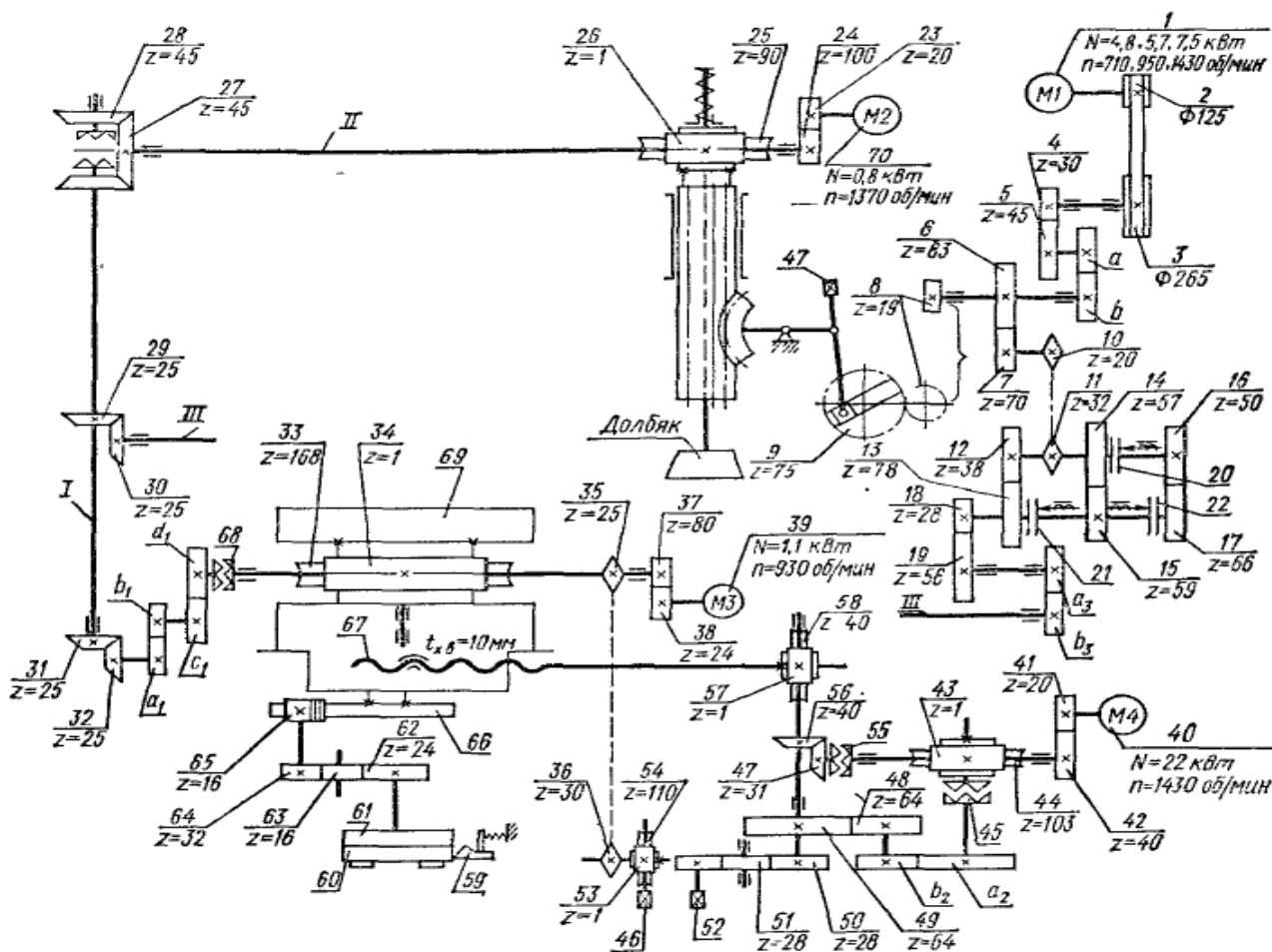


Рисунок 7.1 — Кинематическая схема станка 5В150

Таблица 7.1 — Пример задания

Обеспечиваемое движение	Расчетные перемещения	Уравнение кинематического баланса
Число двойных ходов	$n_{эл} \text{ об/мин} \rightarrow n_{ф} \text{ об/мин}$	$n_{дв.х} = 710 \frac{125}{265} 0,98 \frac{30}{45} \frac{19}{75}$
Обеспечиваемое движение	Расчетные перемещения	Уравнение кинематического баланса
Радиальная подача	$n_{дв} \text{ об/мин} \rightarrow S_p \text{ мм/дв.ход}$	$S_{рад} = 1430 \frac{20}{40} \frac{1}{103} \frac{a_2}{b_2} \frac{64}{64} \frac{1}{40} 10 \text{ мм/мин}$

Окончание таблицы 7.1

Обеспечиваемое движение	Расчетные перемещения	Уравнение кинематического баланса
Круговая подача	1 дв.ход ползуна $\rightarrow S_{мм}/дв.ход$	$1_{дв.х} = \frac{75}{19} \frac{83}{70} i_{кп} \frac{a_3}{b_3} \frac{25}{25} \frac{45}{45} \frac{1}{90} \pi_d = S$
Цепь обката	$\frac{1}{Z_d}$ об.долбяка $\rightarrow \frac{1}{Z}$ об.заготовки	$\frac{1}{Z_d} \frac{90}{1} \frac{45}{45} \frac{25}{25} \frac{a_1}{b_1} \frac{c_1}{d_1} \frac{1}{168} = \frac{1}{Z}$

Таблица 7.2 — Варианты заданий

Вариант	Станки	Вариант	Станки
1	5М32А; 16К20	16	5К328А; 2А450
2	514; 6М82	17	5А312; 6Р82Ш
3	5Г23В; 1А730	18	5К301; 6Н81
4	5С280П; 5714	19	561; 2450
5	5К324; 6Б12	20	5350Б; 5Б63
6	5250; 5К63	21	5Е32; 1П326
7	Е39А; 5822	22	5А12; 6М83Ш
8	525; 3Б724	23	5Д32; 3Д756
9	5140; 6М80Г	24	1А341; 6605
10	5Б150; 1П325	25	5К324А; 2Н57
11	5230; 1811	26	5К324; 6М82
12	543; 3772	27	5Г23В; 1И611П
13	5М14; 5702	28	5М32А; 1П365А
14	525; 1240-6	29	5140; 1М63
15	526А; 3724	30	5С280П; 6Б12

**Рекомендуемая литература**

1. Тепинкичиев, В. К. Металлорежущие станки / В. К. Тепинкичиев. — Москва : Машиностроение, 1973. — 472 с.
2. Колев, Н. С. Металлорежущие станки : учебное пособие для вузов / Н. С. Колев [и др.] — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 1980. — 500 с.