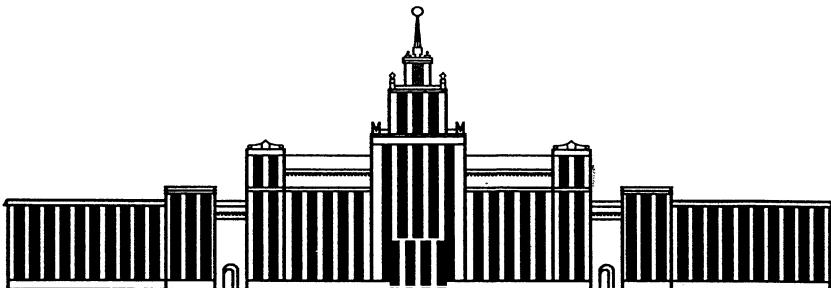

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.92(07)
C502

С.Д. Сметанин, В.С. Столяров

**УСТРОЙСТВО И НАЛАДКА
ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 5Д32**

Учебное пособие к лабораторной работе

Челябинск
2012

Министерство образования и науки Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Кафедра «Технология машиностроения»

621.92(07)
С502

С.Д. Сметанин, В.С. Столяров

**УСТРОЙСТВО И НАЛАДКА
ЗУБОФРЕЗЕРНОГО СТАНКА 5Д32**

Учебное пособие к лабораторной работе

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2012

УДК [621.92.06:621.833](076.5)
C502

Одобрено
учебно-методической комиссией
механико-технологического факультета

Рецензенты:
B.B. Ерофеев, В.Б. Кульневич

Сметанин, С.Д.
C502 Устройство и наладка зубофрезерного станка 5Д32: учебное пособие к лабораторной работе / С.Д. Сметанин, В.С. Столяров. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2012. – 20 с.

В пособии приведены техническая характеристика, конструкция и кинематическая схема зубофрезерного станка мод. 5Д32, последовательность выполнения настройки и наладки для обработки колес с винтовыми зубьями, имеется численный пример.

Пособие предназначено для студентов по направлению 151900 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения при изучении курса «Оборудование машиностроительных производств».

УДК [621.92.06:621.833](076.5)

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Цель работы – закрепление теоретических знаний о методах обработки цилиндрических зубчатых колес и наладки станков. Изучив самостоятельно назначение, устройство и кинематику станка модели 5Д32, выполнить кинематические и наладочные расчеты, привести наладку станка, нарезать зубья на заготовке, выполнить контроль.

2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

- 2.1. Изучить правила техники безопасности лаборатории металлорежущих станков и промышленных роботов.
- 2.2. Перед изучением устройства станка и его наладкой убедиться в том, что электропитание станка отключено.
- 2.3. При выполнении всех настроек и наладочных работ пользоваться исправными принадлежностями и инструментом.
- 2.4. При отворачивании и заворачивании гаек, замене зубчатых колес гитар, закреплении и раскреплении осей и приклонов соблюдать особую осторожность.
- 2.5. При сборке гитар должен быть обеспечен осевой люфт колес и втулок в пределах 0,1 ... 0,5 мм, боковой зазор в зацеплении зубьев колес – до 0,2 мм.
- 2.6. По окончании наладки станка убедиться в надежном закреплении сменных колес, осей, приклонов, фрезерного суппорта, заготовки и фрезы.
- 2.7. Все принадлежности станка должны находиться в отведенных для них местах.
- 2.8. Включать станок можно после разрешения преподавателя или учебного мастера.
- 2.9. После обработки заготовки отключить электропитание станка и привести рабочее место в порядок.
- 2.10. Изучив правила техники безопасности, расписаться в журнале.

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

- 3.1. Ознакомиться с общим устройством, органами управления, кинематикой и технической характеристикой станка.
- 3.2. Разобраться с особенностями выполняемых настроек и наладкой станка.
- 3.3. Получив индивидуальное задание (приложение А), выполнить все расчеты.
- 3.4. Привести наладку станка на обработку заготовки по одному из заданий, полученных группой студентов, выполняющих работу.
- 3.5. В присутствии преподавателя или учебного мастера проверить правильность выполнения наладки и включить станок.
- 3.6. Ответить на вопросы самоконтроля.
- 3.7. Снять заготовку и измерить толщину зубьев или длину общей нормали.
- 3.8. Составить отчет о выполненной работе.

4. УСТРОЙСТВО И НАЗНАЧЕНИЕ СТАНКА

4.1. Назначение и технические характеристики станка

Универсальный зубофрезерный полуавтомат модели 5Д32 предназначен для нарезания цилиндрических зубчатых колес с прямыми и винтовыми зубьями, и червячных колес способом радиальной или осевой подачи.

Основные технические характеристики зубофрезерного полуавтомата приведены в таблице 1.

Таблица 1

Наименование параметра	Значение
Наибольший диаметр нарезаемых колес, мм.....	800
Модуль нарезаемых зубьев по чугуну, мм.....	2...8
Модуль нарезаемых зубьев по стали, мм.....	2...6
Наибольший угол наклона зубьев, град.....	±60
Наибольшая ширина нарезаемых колес, мм.....	275
Наибольший диаметр фрезы, мм.....	120
Частота вращения шпинделья, мин ⁻¹	47,5...192
Вертикальная (осевая) подача суппорта, мм/об.....	0,5...3
Радиальная (горизонтальная) подача стойки, мм/об.....	0,1...1
Мощность главного электродвигателя, кВт.....	2,8

4.2. Основные узлы и органы управления

К станине А прикреплена стойка В с поддерживающим кронштейном Г (рис. 1). По продольным направляющим станины перемещается стойка Ж, по направляющим которой перемещается фрезерный суппорт Е. Для большей жесткости обе стойки соединяются поперечиной Д. Заготовка крепится непосредственно к столу Б или на оправке. В правой части станины находятся главный электродвигатель, электродвигатель ускоренных перемещений стойки Ж и суппорта Е, гитары Л смennых колес главного движения и обката, гитары К смennых колес дифференциала и подач (с противоположной стороны станины).

На крышке шкафа И с электроаппаратурой находятся выключатели электропитания станка и насоса для подачи СОЖ. Включение и отключение электродвигателей главного движения и ускоренных перемещений осуществляется от кнопочной станции З. Вращением съемной рукояткой квадрата 2 производится перемещение суппорта Е, а вращением квадрата 4 – перемещение стойки Ж.

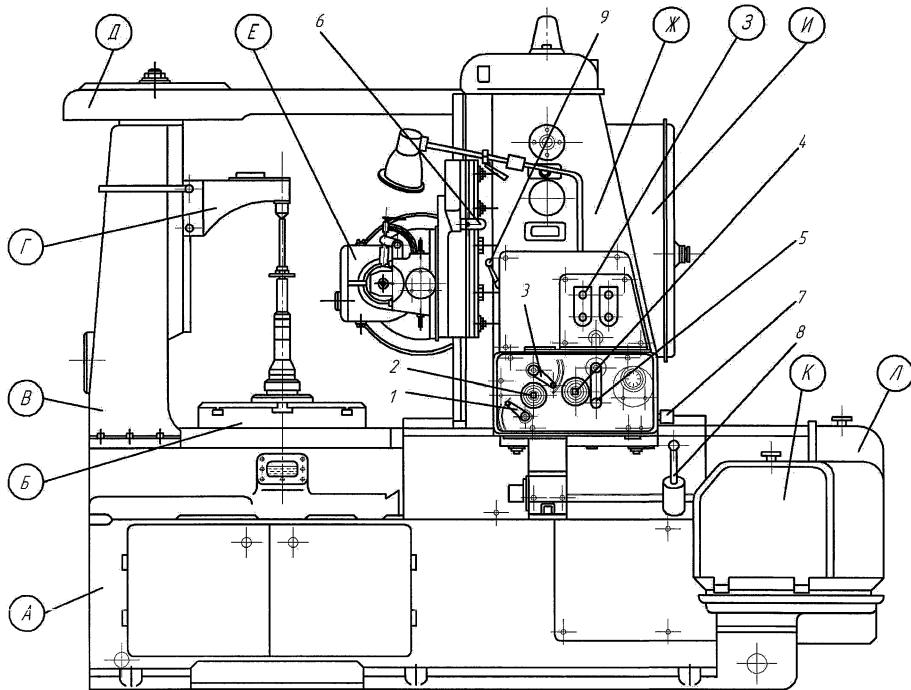


Рис. 1. Общий вид зубофрезерного станка модели 5Д32

Рукояткой 8 с помощью муфты M_3 (рис. 2) включаются рабочие подачи. Механическая радиальная подача (перемещение стойки \mathcal{X}) включается рукояткой 5, а выключается поворотом квадрата 4 или автоматически регулируемым упором 7 при достижении заданного перемещения. При этом происходит поворот рычага Р1 (рис. 2) и подающий червяк выходит из зацепления с червячным колесом. Механическая вертикальная подача (перемещение суппорта Е) включается рукояткой 3 (муфтой M_1). Прекращение вертикальной подачи происходит при выключении электродвигателя M_1 выключателем 9, срабатывающим от регулируемого упора 6. Рукояткой 1 производится включение муфты M_2 для сообщения вертикальной и радиальной подачи. Ускоренные перемещения включаются от кнопочной станции 3 при выключенном рычаге 8 муфты M_3 .

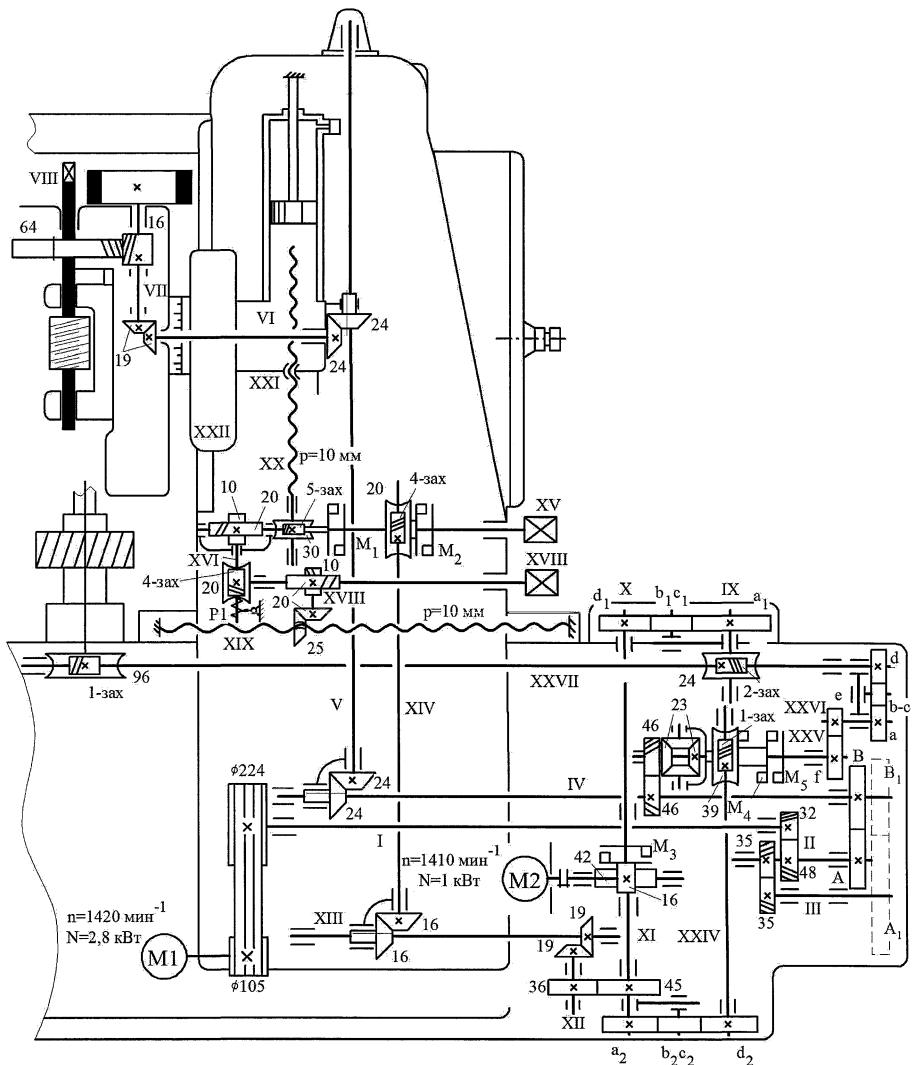


Рис. 2. Кинематическая схема станка 5Д32

4.3. Принцип работы и кинематика станка

Для фрезерования цилиндрических колес с прямыми зубьями необходимы движения исполнительных звеньев станка (рис. 3): В1 – вращение фрезы с частотой, обеспечивающей требуемую скорость резания; В2 – вращение заготовки, согласованное с вращением фрезы их передаточным отношением; П3 – перемещение фрезы для получения зубьев требуемой длины. Направление скорости резания зависит от принятого направления вращения фрезы; направление вращения заготовки определяется направлением винтовой линии фрезы; направление движения подачи может быть попутным (совпадать со скоростью резания) и встречным (направленным в противоположную сторону от скорости резания).

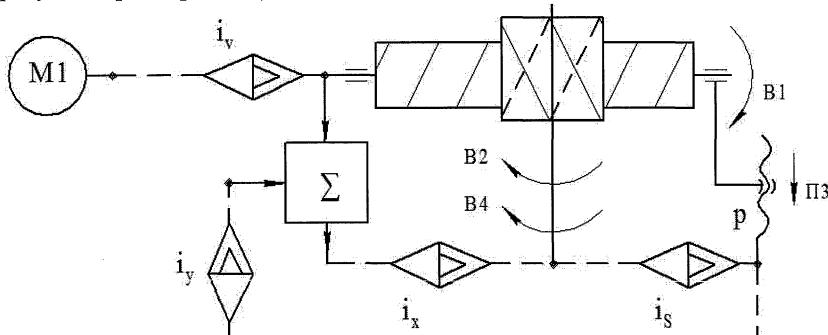


Рис. 3. Структурная схема станка

Для обеспечения возможности фрезерования колес попутным методом на станке модели 5Д32 предусмотрено нагружочное гидравлическое устройство, которое состоит из неподвижного штока с поршнем и цилиндра, связанного с салазками фрезерного суппорта. При попутном фрезеровании масло подводится в верхнюю полость цилиндра противовеса и поджимает противовес вместе с фрезерным суппортом вверх, устранивая 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. Движение подачи сообщают подвижной стойке в радиальном направлении до тех пор, пока расстояние между осями фрезы и заготовки не станет равным межцентровому расстоянию передачи. Для нарезания червячных колес с большей точностью применяют метод осевой подачи. Его используют на модификациях станка, имеющих помимо нормального протяжного суппорт. В этом случае применяются червячные фрезы с конической заборной частью, которые при настройке станка устанавливают сразу на заданное межцентровое расстояние, а подачу при этом сообщают вместо нормального протяжному суппорту с червячной фрезой вдоль ее оси.

Величины и направления формообразующих движений В1, В2 и П3 настраивается органами i_v , i_x , i_s . При этом должны выполняться условия согласования движений:

$$\text{для В1: } n_{M1} \rightarrow n_{\text{фр}}, \quad (1)$$

$$\text{для В2: } 1 \text{ об. фр.} \leftrightarrow k/z \text{ об. заг.,} \quad (2)$$

$$\text{для П3: } 1 \text{ об. заг.} \rightarrow S_b, \quad (3)$$

где n_{M1} и $n_{\text{фр}}$ – частоты вращения двигателя М1 и фрезы соответственно, мин⁻¹;

k – число заходов фрезы;

z – число зубьев нарезаемого колеса;

S_b – вертикальная (продольная) подача заготовки, мм/об заготовки.

При нарезании колес с винтовыми зубьями частота вращения заготовки должна быть такой, чтобы за время перемещения фрезы на шаг T винтовой линии зубьев заготовка сделала один дополнительный оборот в ту или иную сторону. Направление дополнительного движения В4 и его величина настраивается органом i_y при выполнении условия

$$\pm 1 \text{ об. заг} \leftrightarrow T \text{ мм}, \quad (4)$$

где $T = \pi \cdot m \cdot z / \sin \beta$ – шаг винтовой линии зубьев, мм;

m – модуль нормальный, мм;

β – угол наклона зубьев на делительном диаметре.

Наличие суммирующего механизма (дифференциала) позволяет с помощью органа настройки i_y изменять частоту вращения заготовки – производить настройку движений В2 и В4 раздельно в соответствии с расчетными перемещениями (2) и (4).

Фрезе вращение В1 передается от электродвигателя М1 по кинематической цепи (рис. 2), в которой органом настройки являются сменные колеса А и В гитары скоростей. Уравнение кинематического баланса цепи главного движения:

$$n_{\text{фр}} = 1420 \cdot \frac{105}{224} \cdot 0,985 \cdot \frac{32}{48} \cdot \frac{35}{35} \cdot \frac{A}{B} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{16}{64}, \text{ мин}^{-1}, \quad (5)$$

где 0,985 – коэффициент проскальзывания ремней.

Решение уравнения относительно А/В дает формулу настройки гитары главного движения i_v :

$$i_v = \frac{A}{B} = \frac{n_{\text{фр}}}{110}. \quad (6)$$

Уравнение кинематического баланса цепи обката в соответствии с условием согласования (2) имеет вид:

$$\frac{k}{z} \text{ об. заг} = 1 \text{ об. фрезы} \cdot \frac{64}{16} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{24}{24} \cdot \frac{46}{46} \cdot i_{\Sigma} \cdot \frac{e}{f} \cdot \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} \cdot \frac{1}{96}, \quad (7)$$

где i_{Σ} – передаточное отношение суммирующего механизма (при передаче движения с первого на второе центральные колеса дифференциала $i_{\Sigma} = -1$).

Формулы настройки сменных колес гитары обкаты:

$$i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{24 \cdot k}{z} \text{ при } z \leq 160 \text{ и } \frac{e}{f} = \frac{36}{36}; \quad (8)$$

$$i_x = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = \frac{48 \cdot k}{z} \text{ при } z > 160 \text{ и } \frac{e}{f} = \frac{24}{48}. \quad (9)$$

Уравнение кинематического баланса цепи вертикальной подачи в соответствии с условием согласования (3) имеет вид:

$$S_b, \text{ мм} = 1 \text{ об. заг.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{2}{24} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{16}{16} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{5}{30} \cdot 10, \text{ мм/об.} \quad (10)$$

Формула настройки гитары вертикальной подачи:

$$i_s = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 0,3 \cdot S_b. \quad (11)$$

Уравнение кинематического баланса цепи образования винтовой линии (цепи дифференциала) в соответствии с условием согласования (4) имеет вид:

$$T, \text{ мм} = 1 \text{ об. заг.} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{1}{i_x} \cdot \frac{f}{e} \cdot i_{\Sigma} \cdot \frac{30}{1} \cdot \frac{1}{i_y} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{16}{16} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{5}{30} \cdot 10, \text{ мм/об,} \quad (12)$$

где $i_{\Sigma} = 0,5$ при передаче движения с центрального колеса дифференциала на ведило (корпус).

Формула настройки гитары сменных колес цепи винтовой линии получается при решении уравнения (12) после подстановки в него значений T, i_x, e, f, i_{Σ} :

$$i_y = \frac{a_2}{b_2} \cdot \frac{c_2}{d_2} = \frac{7,95775 \cdot \sin \beta}{m \cdot k}. \quad (13)$$

Включение дифференциала при нарезании винтовых зубьев производится муфтой M_4 (рис. 2). При нарезании колес с прямыми зубьями вместо муфты M_4 включается муфта M_5 – дифференциал блокируется (выключается).

Предотвращение подхватывания суппорта при попутном фрезеровании, выборку зазоров в винтовой паре вертикальной подачи осуществляется гидроцилиндром.

При нарезании червячных колес стойке сообщается радиальная (горизонтальная) подача $S_{\text{рад}}$. Перемещение ограничивается жестким регулируемым упором 7 (рис. 1), отключающим подающий червяк рычагом Р1 (рис. 2). Условие кинематического согласования, уравнение кинематического баланса и формула настройки гитары радиальной подачи имеют вид:

$$\text{ПЗ: 1 об. заг} \rightarrow S_{\text{рад}}, \text{мм}; \quad (14)$$

$$S_{\text{рад}}, \text{мм} = 1 \text{ об. заг} \cdot \frac{96}{1} \cdot \frac{2}{24} \cdot \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} \cdot \frac{45}{36} \cdot \frac{19}{19} \cdot \frac{16}{16} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{10}{20} \cdot \frac{4}{20} \cdot \frac{10}{20} \cdot \frac{20}{25} \cdot 10, \text{ мм/об}; \quad (15)$$

$$i_s = \frac{a_1}{b_1} \cdot \frac{c_1}{d_1} = 1,25 \cdot S_{\text{рад}}. \quad (16)$$

Вспомогательные движения. Быстрые перемещения всех рабочих органов станка осуществляются от электродвигателя мощностью 1 кВт через винтовые колеса 16-42, вал XI и далее по кинематическим цепям подач.

5. НАЛАДКА СТАНКА

Для наладки зубофрезерного станка необходимо осуществить настройку гитар сменных зубчатых колес главного движения, обката, дифференциала (при необходимости) и подач; установить фрезерный суппорт в требуемое положение относительно заготовки и настроить параметры фрезерования.

5.1. Выбор и установка сменных зубчатых колес гитар

Для гитар обката i_x , подач i_s и дифференциала i_y используется единый набор сменных зубчатых колес с модулем 2 мм, для гитары i_v – колеса с модулем 3,5 мм. Числа зубьев колес, входящих в наборы, представлены в таблице 2.

Передаточное отношение гитары дифференциала i_y рассчитывается с точностью до 0,0001, колеса выбираются по таблицам [1, 2]. Погрешность передаточного отношения не должна превышать 0,03 %.

Погрешность передаточного отношения колес гитары обката не допускается (должна быть равна нулю).

Таблица 2

Сменные зубчатые колеса для настройки гитар

Гитара	Числа зубьев сменных колес	Условия сборки
i_v	18, 22, 25, 28, 32, 35, 38, 42	$A + B = 60$
i_x, i_y, i_s	20, 20, 23, 24, 25, 25 30, 33, 34, 35, 37 40, 41, 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	$a_i + b_i \geq c_i + 20$ $c_i + d_i \geq b_i + 20$ $a_i + b_i = 70 \dots 120$ $c_i + d_i = 80 \dots 150$ при $b_i = c_i = (75 \dots 135) - 0,5(a_i + d_i)$

Погрешность передаточного отношения колес гитары подач допускается до 3...5 %. Выбранные колеса устанавливаются в гитарах так, чтобы выполнялись условия сборки.

Для согласования направлений вращений В1, В2, В4 и перемещения П3 (рис. 3) в каждой гитаре имеется возможность установить дополнительную ось с паразитной шестерней. При встречном фрезеровании правых винтовых зубьев правой фрезой дополнительные оси с шестернями в гитарах подач и дифференциала не устанавливаются. При нарезании той же фрезой левых винтовых зубьев дополнительная ось с шестерней устанавливается в гитаре дифференциала, при попутном фрезеровании – в гитаре подач.

5.2. Установка фрезы и заготовки

Базовые поверхности фрезы, оправки и дистанционных колец проверяются на отсутствие забоин и грязи; закрепление производится при установленном кронштейне, поддерживающем оправку.

Заготовка на оправке надежно закрепляется гайкой при опущенном и зафиксированном кронштейне Г с центром (рис. 1). Биение фрезы и заготовки допускается до 0,03 мм.

Фрезерный суппорт поворачивается на угол γ (рис. 4), после чего надежно зажимается гайками:

$$\gamma = \beta \pm \lambda, \quad (17)$$

где λ – угол подъема винтовой линии фрезы (знак “–” берется при одинаковых направлениях винтовых линий фрезы и нарезаемого зуба, “+” – при разных).

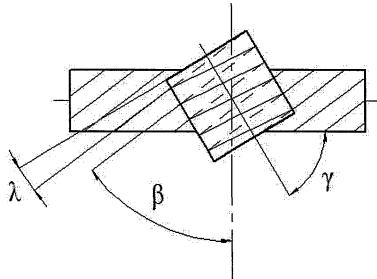


Рис. 4. Схема наладки суппорта

5.3. Установка высоты и глубины фрезерования

Полная глубина фрезерования равна высоте зубьев (без учета допусков на диаметр шестерни, толщины и высоты зубьев). Зубья большого модуля фрезеруются за 2-3 прохода. Наладка выполняется в определенной последовательности.

Стойка с суппортом подводится поворотом квадрата 4 (рис. 1) до касания вращающейся фрезы с цилиндрической поверхностью заготовки. Лимб квадрата

4 устанавливается на ноль. Вручную или от кнопки ускоренного хода с пульта управления суппорт перемещается вверх или вниз в зависимости от направления рабочей подачи. Расстояние от кромки заготовки до зубьев фрезы должно быть не менее 30 мм. Вращение фрезы выключается. Устанавливается требуемая глубина фрезерования вращением квадрата 4. Цена деления лимба перемещения стойки – 0,05 мм. Поперечина и стойка закрепляются.

Для автоматического выключения станка после окончания фрезерования кулачок 6 (рис. 1) устанавливается на салазках суппорта в требуемом положении. Включается вращение фрезы от кнопочной станции и рабочая подача рукояткой 8.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Каким методом нарезаются зубья на станке модели 5Д32?
2. Какие режущие инструменты применяются на станке?
3. Нарисуйте схемы обработки с указанием векторов движений зубьев на червячном колесе, прямых и винтовых зубьев на цилиндрическом колесе.
4. Нарисуйте структурные схемы станка к схемам обработки.
5. Назначение дифференциала, его передаточные отношения.
6. Напишите расчётные перемещения и уравнения кинематического баланса для обработки зубьев на цилиндрическом и червячном колесах.
7. Перечислите основные узлы и органы управления станка.
8. Объясните назначение муфт M_1 - M_5 и рычага Р1.
9. Возможна ли обработка на станке цилиндрических деталей с неэвольвентным профилем зубьев?
10. Как и для чего меняется направление вращения фрезы, заготовки, направление подачи?

7. ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ ДЛЯ НАСТРОЙКИ СТАНКА

7.1. Исходные данные

Настроить станок модели 5Д32 для обработки зубьев колеса с параметрами: число зубьев $z = 39$, модуль нормальный $m = 2$ мм, угол наклона зубьев $\beta = 15^\circ 36'$, направление винтовой линии колеса левое. Заготовка высотой $B = 20$ мм из серого чугуна СЧ15. Инструмент: фреза червячная модульная (угол подъема винтовых линий $\lambda = 20^\circ 19'$, число заходов $k = 1$, направление винтовых линий зубьев фрезы правое) из быстрорежущей стали марки Р6М5. Режим обработки: скорость резания $V = 20$ м/мин, вертикальная подача $S_v = 1,3$ мм/об, направление подачи – встречное.

7.2. Расчет геометрических параметров нарезаемого колеса

Геометрические параметры зубьев для наладки станка и контроля нарезаемого колеса определяются в следующей последовательности.

1. Модуль торцовый $m_s = m/\cos \beta = 2/\cos 15^\circ 36' = 2,0765$ мм.

2. Угол исходного контура в торцовом сечении $\operatorname{tg} \alpha_t = \operatorname{tg} \alpha/\cos \beta$,

где α – угол исходного контура в нормальном сечении (по ГОСТ 13755–81 $\alpha = 20^\circ$).

Следовательно, $\alpha_t = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha/\cos \beta) = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} 20/\cos 15^\circ 36') = 0,3613$ рад.

3. Диаметр делительной окружности $d = m_s \cdot z = 2,0765 \cdot 39 = 80,983$ мм.

4. Диаметр основной окружности

$$d_b = d \cdot \cos \alpha_t = 80,983 \cdot \cos 0,3613 = 75,755 \text{ мм.}$$

5. Высота зуба $h = 2,25m = 2,25 \cdot 2 = 4,5$ мм.

6. Наружный диаметр заготовки

$$D_{\text{пач}} = m_s \cdot z + 2m = 2,0765 \cdot 39 + 2 \cdot 2 = 84,983 \text{ мм.}$$

В зависимости от степени точности нарезаемого колеса диаметр заготовки принимают с определенной погрешностью. В нашем случае воспользуемся приближенной эмпирической зависимостью $D_{\text{заг}} = D_{\text{пач}} - (0...0,1)m$. Получим $D_{\text{заг}} = 84,983 - (0...0,2) \approx 84,8$ мм.

7. Толщина зуба по постоянной хорде (рис. 5):

$$S_c = 0,5 \cdot \pi \cdot m \cdot \cos^2 \alpha = 0,5 \cdot 3,1416 \cdot 2 \cdot \cos^2 20^\circ = 2,774 \text{ мм.}$$

8. Высота зуба до постоянной хорды:

$$h_c = \left(1 - \frac{\pi}{8} \cdot \sin(2\alpha)\right) \cdot m = \left(1 - \frac{3,1416}{8} \cdot \sin 40^\circ\right) \cdot 2 = 1,495 \text{ мм.}$$

9. Число зубьев, охватываемых при измерении длины общей нормали:

$$n = \frac{\alpha_t \cdot z}{\pi \cdot \cos^2 \beta} + 0,5 = \frac{0,3613 \cdot 39}{3,1416 \cdot \cos^2 15^\circ 36'} + 0,5 = 5,335.$$

Примем $n = 5$.

10. Длина общей нормали (рис. 6) $W = m \cdot \cos \alpha \cdot (\pi \cdot (n - 0,5) + z \cdot (\operatorname{tg} \alpha_t - \alpha_t)) = 2 \cdot \cos 20^\circ \cdot (3,1416 \cdot (5 - 0,5) + 39 \cdot (\operatorname{tg} 0,3613 - 0,3613)) = 27,785$ мм.

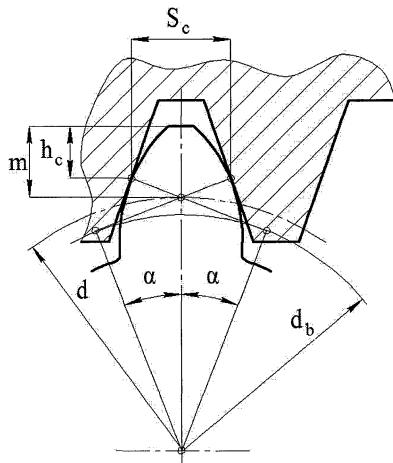


Рис. 5. Расчет постоянной хорды

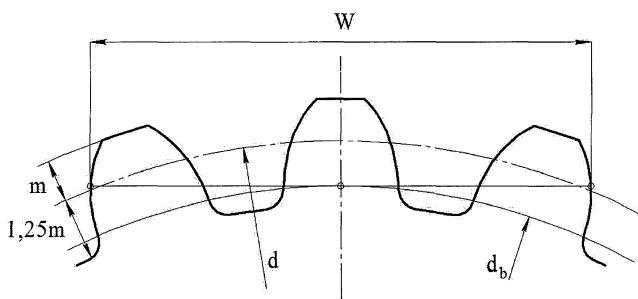


Рис. 6. Расчет длины общей нормали

7.3. Расчет гитары дифференциала

1. Передаточное отношение определяется по формуле (13):

$$i_y = \frac{7,95775 \cdot \sin \beta}{m \cdot k} = \frac{7,95775 \cdot \sin 15^{\circ}36'}{2 \cdot 1} = 1,069999.$$

2. В таблицах [1, 2] приводятся числа зубьев колес гитары для передаточного отношения от 0 до 1. В случае, если передаточное отношение попадает в этот диапазон, то сразу переходим к пункту 3. В нашем же варианте находится передаточное число, обратное требуемому, т.е.

$$i'_{y \text{ pac4}} = 1/i_y = 0,9345803.$$

3. Наиболее близкие табличные значения:

$$i'_{y \text{ tabl}} = 0,9345709 = (37 \cdot 83) / (62 \cdot 53);$$

$$i'_{y \text{ tabl}} = 0,9346219 = (67 \cdot 83) / (70 \cdot 85).$$

4. Первый вариант предпочтительнее, так как размеры колес, которые при равном модуле определяются числами зубьев, получаются меньше. В гитаре необходимо установить еще паразитное колесо для изменения вращения B4 (нарезается колесо с левым направлением зубьев).

5. По принятым табличным значениям чисел зубьев колес гитары дифференциала производится проверка на условия сборки (таблица 1). Так как в расчетном примере $i_y > 1$, то ведущие колеса берутся из второго столбца таблицы, а ведомые из первого, т.е. $a = 62$, $b = 37$, $c = 53$, $d = 83$. При $i_y < 1$ колеса устанавливаются наоборот: ведущие колеса берутся из первого столбца таблицы, а ведомые из второго (в этом случае получилось бы $a = 37$, $b = 62$, $c = 83$, $d = 53$).

6. Погрешность передаточного отношения:

$$\delta_y = 100 \cdot (i'_{y \text{ tabl}} - i'_{y \text{ расч}}) / i'_{y \text{ расч}} = \\ = 100 \cdot (0,9345709 - 0,9345803) / 0,9345803 = -0,001\%.$$

7. Фактический угол β при принятом $i'_{y \text{ tabl}}$:

$$\beta = \arcsin \left(\frac{m \cdot k}{7,95775 \cdot i'_{y \text{ tabl}}} \right) = \arcsin \left(\frac{2 \cdot 1}{7,95775 \cdot 0,9345709} \right) = \\ = 15,60016^\circ = 15^\circ 36' 06''.$$

7.4. Расчет гитары обката

1. Передаточное отношение определяется по формуле (8):

$$i_x = \frac{24 \cdot k}{z} = \frac{24 \cdot 1}{39} = \frac{8}{13}.$$

2. Числа зубьев сменных колес, передаточное отношение которых задано простой дробью, можно получить умножением числителя и знаменателя на такие числа, чтобы каждый из них состоял из одного или двух множителей, равных числам зубьев оставшихся колес набора (табл. 2). Рассмотрим два варианта. По первому:

$$i_{x1} = \frac{8}{13} = \frac{8 \cdot 5}{13 \cdot 5} = \frac{40}{65}; a = 40, b = c, d = 65.$$

При $b = c$ используется одно колесо с числом зубьев, отвечающим условию

$$b = c = (75 \dots 135) - 0,5 \cdot (40 + 65) = 23 \dots 82; \text{ примем его равным } 55.$$

По второму варианту расчета:

$$i_{x2} = \frac{8}{13} = \frac{8 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 7}{13 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 7} = \frac{35}{70} \cdot \frac{80}{65}; a = 35, b = 70, c = 80, d = 65.$$

Производится проверка на условия сборки:

$$35 + 70 > 80 + 20; \quad 80 + 65 > 70 + 20.$$

Первый вариант гитары предпочтительнее, так как меньше колес.

3. Погрешность передаточного отношения в обоих вариантах гитар обката равна нулю.

7.5. Расчет гитар подач

1. Передаточное отношение определяется по формуле (11):

$$i_s = 0,3 \cdot S_b = 0,3 \cdot 1,3 = 0,39 = 39/100.$$

2. Колеса гитары можно выбрать по таблицам [1, 2] или получить после разложения на множители числителя и знаменателя. Например, можно получить следующий вариант гитары подач:

$$i_s = \frac{45}{60} \cdot \frac{35}{67} = 0,3918; a_1 = 45, b_1 = 60, c_1 = 35, d_1 = 67.$$

3. Проверка на условия сборки:

$$45 + 60 > 35 + 20; \quad 35 + 67 > 60 + 20.$$

4. Погрешность передаточного отношения

$$\delta_s = 100 \cdot \frac{0,39 - 0,3918}{0,39} = -0,46\%.$$

7.6. Расчет гитары главного движения

1. Расчетная частота вращения фрезы:

$$n_{\text{расч}} = 1000 \cdot V / \pi \cdot D,$$

где D – наружный диаметр фрезы, мм.

Диаметр фрезы для нарезания зубчатых колес определяется следующим образом: $D = 2,5m + \frac{m}{\tan \lambda}$.

Тогда $D = 2,5 \cdot 2 + \frac{2}{\tan 2^\circ 19'} = 54$ мм; $n_{\text{расч}} = 1000 \cdot 20 / (3,14 \cdot 54) = 118 \text{ мин}^{-1}$.

2. Расчет передаточного отношения гитары скоростей производится по формуле (6):

$$i_{v \text{расч}} = n_{\text{расч}} / 110 = 118 / 110 = 1,073.$$

3. Число зубьев ведомой шестерни

$$B = \frac{A + B}{1 + i_{v \text{расч}}} = \frac{60}{1 + 1,073} = 29, \text{ примем ближайшее колесо из набора } B = 28.$$

4. Число зубьев ведущей шестерни

$$A = (A + B) - B = 60 - 28 = 32.$$

5. Фактическая частота вращения фрезы

$$n_{\phi p} = 110 \cdot \frac{32}{28} = 126 \text{ мин}^{-1}.$$

6. Фактическая скорость резания

$$V = \frac{3,14 \cdot 54 \cdot 126}{1000} = 21,4 \text{ м/мин.}$$

7. Фактическое передаточное отношение $i_v = \frac{32}{28} = 1,143$.

8. Погрешность передаточного отношения

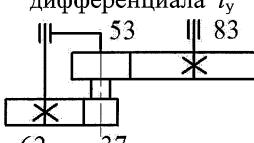
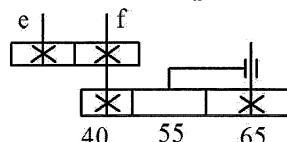
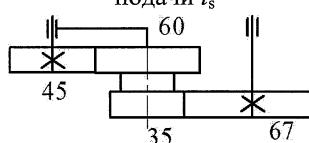
$$\delta_v = 100 \cdot \frac{1,073 - 1,143}{1,073} = - 6,8\%.$$

7.7. Угол поворота фрезерного суппорта

Так как по условию направления винтовых линий фрезы и зубьев нарезаемого колеса различны, то угол поворота фрезерного суппорта равен

$$\gamma = 15^\circ 36' + 2^\circ 19' = 17^\circ 55'.$$

7.8. Пример оформления данных для настройки гитар

Наименование гитары и ее эскизы	Формула на- стройки	Передаточное отноше- ние		Погреш- ность, %
		расчетное	принятое	
дифференциала i_y 	$\frac{7,95775 \cdot \sin \beta}{m \cdot k}$	1,0700	$\frac{62 \cdot 53}{37 \cdot 83} = 1,06972$	- 0,001
обката i_x 	$\frac{24 \cdot k}{z}$	$\frac{8}{13}$	$\frac{40}{65}$	0
подачи i_s 	$0,3 \cdot S_b$	0,39	$\frac{45 \cdot 35}{60 \cdot 67} = 0,3918$	- 0,46
главного движения i_v 	$\frac{n_{\phi p}}{110}$	1,073	$\frac{32}{28} = 1,143$	- 6,8

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сайдаков, М.В. Таблицы для подбора шестерен: справочник / М.В. Сайдаков – М.: Машиностроение, 1982. – 559 с.
2. Петрик, М.И. Таблицы для подбора зубчатых колес / М.И. Петрик, В.А. Шинков – М.: Машиностроение, 1973. – 527 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Варианты заданий

№	Фреза		Нарезаемое колесо			Режимы резания		
	модуль m, мм	угол подъема λ	число зубьев z	направ- ление зубьев	угол на- клона β	скорость V, м/мин	подача S_v , мм/об	направ- ление подачи
1	2	2°19'	38	правое	18°40'	12,5	1,05	попут.
2	2,5	2°25'	34	левое	20°14'	10,0	1,10	встреч.
3	1,25	2°11'	48	правое	24°55'	13,5	1,15	встреч.
4	1,5	1°29'	42	левое	22°37'	11,0	1,20	попут.
5	1,75	2°0'	38	правое	23°33'	14,5	1,25	попут.
6	2,5	2°25'	48	левое	24°22'	12,0	1,30	встреч.
7	2	2°19'	50	правое	22°24'	16,5	1,35	встреч.
8	1,5	1°29'	58	левое	23°14'	13,0	1,40	попут.
9	1,25	2°11'	68	правое	21°24'	17,5	1,45	попут.
10	1,75	2°0'	56	левое	22°14'	14,0	1,50	встреч.
11	1,5	1°29'	73	правое	22°59'	18,5	1,55	встреч.
12	2	2°19'	60	левое	21°22'	15,0	1,60	попут.
13	1,25	2°11'	78	правое	22°07'	19,5	1,65	попут.
14	2,5	2°25'	53	левое	20°35'	16,0	1,70	встреч.
15	1,75	2°0'	66	правое	21°20'	20,5	1,75	встреч.
16	1,5	1°29'	68	левое	22°00'	17,0	1,80	попут.
17	2	2°19'	43	правое	22°37'	21,5	1,85	попут.
18	2,5	2°25'	35	левое	23°11'	18,0	1,90	встреч.
19	1,25	2°11'	74	правое	19°59'	22,5	1,95	встреч.
20	1,75	2°0'	63	левое	20°40'	19,0	2,00	попут.
21	2,5	2°25'	38	правое	17°20'	23,5	2,05	попут.
22	1,5	1°29'	80	левое	18°07'	20,0	2,10	встреч.
23	2	2°19'	58	правое	22°52'	24,5	2,15	встреч.
24	1,75	2°0'	78	левое	19°32'	21,0	2,20	попут.
25	1,25	2°11'	84	правое	21°47'	25,5	2,25	попут.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Цель работы.	3
2. Техника безопасности.	3
3. Порядок выполнения работы.	3
4. Устройство и назначение станка	
4.1. Назначение и технические характеристики станка.	4
4.2. Основные узлы и органы управления.	4
4.3. Принцип работы и кинематика станка.	7
5. Наладка станка	10
5.1. Выбор и установка сменных зубчатых колёс гитар.	10
5.2. Установка фрезы и заготовки.	11
5.3. Установка высоты и глубины фрезерования.	11
6. Вопросы для самоконтроля.	12
7. Пример выполнения расчётов для настройки станка	
7.1. Исходные данные.	12
7.2. Расчёт геометрических параметров нарезаемого колеса.	13
7.3. Расчёт гитары дифференциала.	14
7.4. Расчёт гитары обката.	15
7.5. Расчёт гитар подач.	16
7.6. Расчёт гитары главного движения.	16
7.7. Угол поворота фрезерного суппорта.	17
7.8. Пример оформления данных для настройки гитар.	18
Библиографический список.	18
Приложение.	19

Техн. редактор *A.B. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 25.12.2012. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 1,16. Тираж 30 экз. Заказ 510/607.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, пр. им. В.И. Ленина, 76.