

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 18.11.2024 00:46:10  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

## МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет»  
(ЮЗГУ)

Кафедра машиностроительных технологий и оборудования

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
"15" 03 2021 г.



## НАРЕЗАНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС МЕТОДОМ КОПИРОВАНИЯ

Методические указания по выполнению  
лабораторной работы для студентов направления подготовки  
Машиностроение и Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

Курск 2021

УДК 621.31

Составитель: Е.И.Яцун

Рецензент:

кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование» *Зубкова О.С.*

**Нарезание зубчатых колес методом копирования:** методические указания к выполнению лабораторной работы для студентов направления подготовки Машиностроение / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.И.Яцун. – Курск, 2021. – 23 с.: ил. 1, прилож. 1. – Библиогр. 3: с.19.

Содержат сведения о методах формообразования зубьев зубчатых колес, оборудовании, выборе дисковой модульной фрезы, режимах фрезерования, методах настройки делительной головки, методах контроля параметров зубчатого зацепления.

Методические указания соответствуют требованиям ФГОС ВПО по направлению подготовки «Машиностроение».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84 1/16.  
Усл.печ.л.. Уч.–изд.л . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г.Курск, ул.50 лет Октября, 94

## СОДЕРЖАНИЕ

|   | <b>Стр.</b> |
|---|-------------|
| ЦЕЛЬ РАБОТЫ   | 4           |
| ЗАДАНИЕ   | 4           |
| ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ                                      |             |
| ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ          | 4           |
| ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ                                    | 5           |
| 1 Обработка зубчатых колес по методу копирования    | 6           |
| 1.1 Движения формообразования                       | 7           |
| 1.2 Дисковые модульные фрезы                        | 7           |
| 2 Наладка станка                                    | 8           |
| 3 Универсальные делительные головки                 | 9           |
| 4 Последовательность выполнения лабораторной работы | 10          |
| 5 Настройка делительной головки                     | 13          |
| 5.1. Непосредственное деление                       | 13          |
| 5.2. Простое деление                                | 14          |
| 5.3 Дифференциальное деление                        | 15          |
| 6 Контроль обработанного зубчатого колеса           | 16          |
| 7 Содержание отчета                                 | 17          |
| Контрольные вопросы                                 | 17          |
| Библиографический список                            | 19          |
| Приложение  | 20          |

## **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

- 1) Изучить метод нарезания прямозубых цилиндрических колес на консольном горизонтально-фрезерном станке.
- 2) Изучить устройство и принцип настройки горизонтально-фрезерного станка 6Н81Г.
- 3) Изучить устройство и принцип настройки универсальной делительной головки УДГ-135.
- 4) Научиться производить настройку горизонтально-фрезерного станка на обработку прямозубых зубчатых колес по методу копирования.

## **ЗАДАНИЕ**

- 1) Ознакомиться с оборудованием, приспособлениями, режущим и мерительным инструментами, используемыми для обработки и контроля зубчатых колес.
- 2) Произвести расчет для настройки консольного горизонтально-фрезерного станка мод. 6Н81Г на обработку цилиндрического прямозубого зубчатого колеса.
- 3) Обработать зубчатое колесо в соответствии с заданием.
- 4) Произвести контроль обработанного зубчатого колеса и составить отчет.

## **ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИСПОСОБЛЕНИЯ И ИНСТРУМЕНТЫ**

Консольный горизонтально-фрезерный станок мод 6Н81Г (Рис.1), дисковая модульная фреза, универсальная делительная головка УДГ-135, задний центр, штангенциркуль, штангензубомер, линейка, гаечные ключи и оправки.

## ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЯ

| № варианта | Обрабатываемый материал | Модуль зубчатого колеса $m$ мм | Число зубьев $Z$ |
|------------|-------------------------|--------------------------------|------------------|
| 1          | алюминий                | 1,5                            | 18               |
| 2          | бронза                  | 1,75                           | 19               |
| 3          | сталь                   | 2,0                            | 20               |
| 4          | алюминий                | 2,5                            | 21               |
| 5          | бронза                  | 1,0                            | 22               |
| 6          | сталь                   | 0,5                            | 23               |
| 7          | алюминий                | 0,75                           | 24               |
| 8          | бронза                  | 0,8                            | 25               |
| 9          | сталь                   | 2,25                           | 26               |
| 10         | алюминий                | 3,00                           | 27               |
| 11         | бронза                  | 3,50                           | 28               |
| 12         | сталь                   | 4,00                           | 29               |
| 13         | алюминий                | 4,25                           | 30               |
| 14         | бронза                  | 4,5                            | 31               |
| 15         | сталь                   | 2,25                           | 32               |
| 16         | алюминий                | 2,5                            | 33               |
| 17         | бронза                  | 3,0                            | 17               |
| 18         | сталь                   | 1,75                           | 18               |
| 19         | алюминий                | 2,0                            | 19               |
| 20         | бронза                  | 2,5                            | 20               |
| 21         | сталь                   | 3,0                            | 21               |
| 22         | алюминий                | 4,0                            | 31               |
| 23         | бронза                  | 5,0                            | 23               |
| 24         | сталь                   | 6,0                            | 24               |
| 25         | алюминий                | 1,5                            | 25               |
| 26         | бронза                  | 1,75                           | 26               |
| 27         | сталь                   | 2,0                            | 27               |
| 28         | алюминий                | 2,5                            | 28               |
| 29         | бронза                  | 3,0                            | 29               |
| 30         | сталь                   | 4,0                            | 30               |

<https://youtu.be/5Ik7F-xOFk8>

**Обработка зубчатых колес**

## 1 Обработка зубчатых колес по методу копирования

Нарезание зубьев зубчатых колес по методу копирования осуществляется фрезерованием, строганием, шлифованием и протягиванием. При этом методе инструмент вырезает на заготовке впадины между зубьями, профиль которых соответствует профилю режущей кромки инструмента.

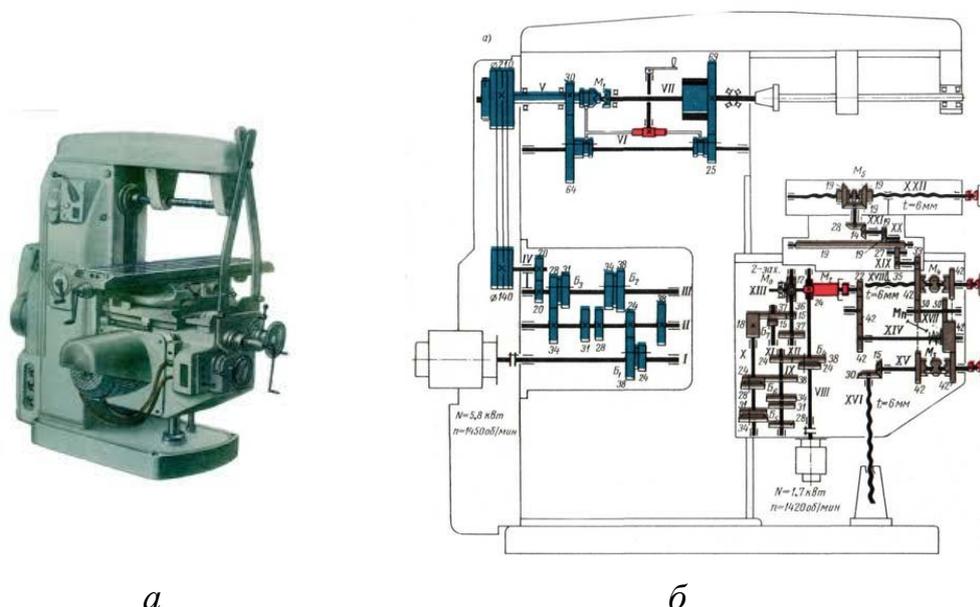


Рисунок 1 – Горизонтально-фрезерный станок мод. 6N81Г (а) и его кинематическая схема (б)

Метод копирования заключается в образовании зубьев фасонным инструментом (модульными фрезами), профиль режущей части которого в осевой плоскости соответствует профилю впадины зуба (рис. 2, а).

Заготовку устанавливают на оправке делительной головки.

Основные схемы обработки зубьев по методу копирования модульными дисковыми и пальцевыми (применяются реже) фрезами показаны на рис. 2, б, в.

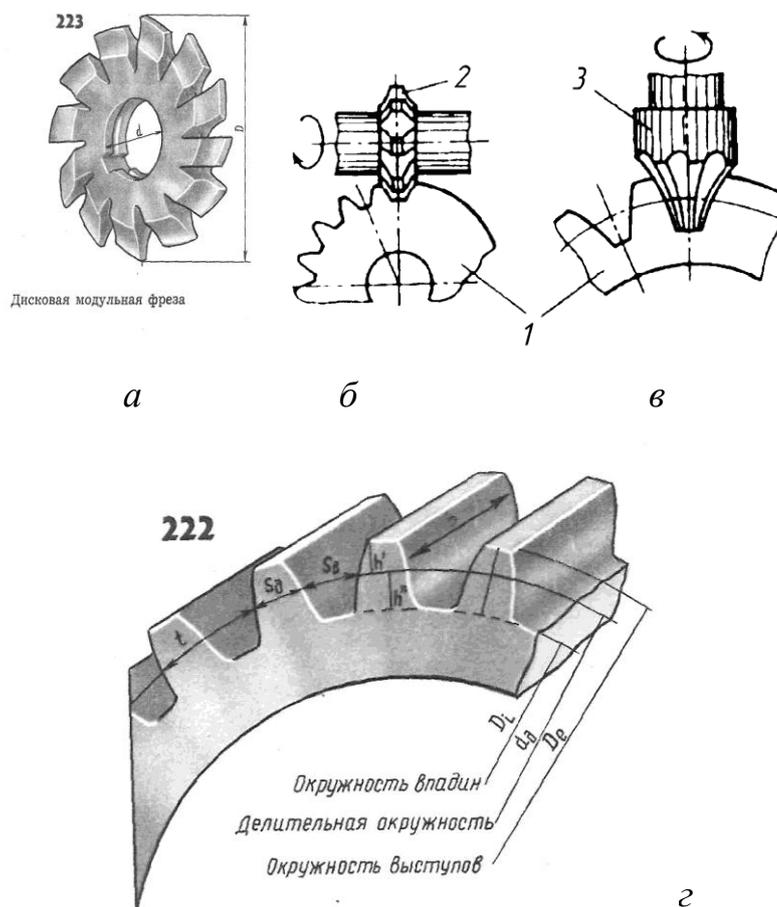


Рисунок 2 - Нарезание зубьев зубчатых колес по методу копирования фрезерованием:

*a* – дисковая модульная фреза; *б* – нарезание зубьев дисковой модульной фрезой; *в* - нарезание зубьев пальцевой модульной фрезой; *г* - элементы цилиндрического прямозубого колеса

### 1.1 Движения формообразования

Для нарезания зубьев на заготовке колеса необходимы три движения:

1. Главное движение – вращение фрезы.
2. Движение подачи – относительное перемещение инструмента вдоль образующей зуба.
3. Движение деления – периодический поворот заготовки на один зуб после обработки очередной впадины.

### 1.2 Дисковые модульные фрезы

Обычно нарезание зубьев производится дисковыми модульными фрезами, имеющими затылованные зубья, обеспечивающие сохранение профиля зуба при переточке по передней поверхности.

Так как профиль зуба колеса зависит от модуля и числа зубьев, то для каждого модуля надо было бы иметь специальную фрезу для каждого числа зубьев. На практике обычно пользуются наборами фрез различного профиля (набор из 8, 15 или 27 фрез) для каждого модуля. Каждая фреза набора имеет свой номер и предназначена для нарезания ряда значений числа зубьев. Для набора из 8 фрез (наиболее распространённого) предусмотрено следующее распределение фрез между числами зубьев изготавливаемых колёс (табл. 1).

Таблица 1

Набор из восьми дисковых модульных фрез

| № фрезы                                | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7      | 8           |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------------|
| Интервал чисел зубьев нарезаемых колёс | 12–13 | 14–16 | 17–20 | 21–25 | 26–34 | 35–54 | 55–134 | 135 и более |

Профиль каждой фрезы набора изготовлен по наименьшему числу зубьев интервала (например, у фрезы № 2 по  $Z = 14$ ), следовательно, наибольшая погрешность получается при изготовлении колёс с наибольшим числом зубьев каждого интервала. Кроме погрешности, связанной с неточностью инструмента, всегда имеет место погрешность в работе делительной головки.

## 2 Наладка станка

Заготовку зубчатого колеса 1 закрепляют на оправке гайкой. Оправку зажимают в трёхкулачковом патроне 6, который навинчивается на шпиндель делительной головки. Второй конец оправки поддерживают задней бабкой 8 (рис. 3).

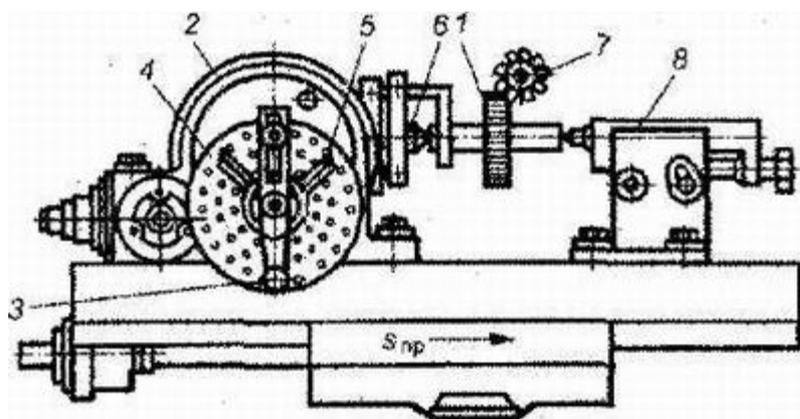


Рисунок 3. Обработка впадины зуба по методу копирования

Соответствующую дисковую модульную фрезу 7 крепят на оправке шпинделя станка и устанавливают ее по центру заготовки. Для этого стол поднимают до тех пор, пока центр оправки заготовки не окажется на одном уровне с нижней частью фрезы. Затем стол передвигают в поперечном направлении до тех пор, пока центр оправки заготовки не совпадёт с вершиной зуба фрезы. После этого стол опускают и подводят заготовку под фрезу (продольной подачей) так, чтобы лист тонкой бумаги, помещённый между ними, закусывался. После этого заготовку отводят от фрезы, сообщая столу продольную подачу, и поднимают стол на глубину фрезерования, производя отсчёт по лимбу.

### 3 Универсальные делительные головки

Делительные головки (рис. 4) являются важными принадлежностями консольно-фрезерных станков, особенно универсальных, и применяются при необходимости фрезерования граней, пазов, шлицев, зубьев колёс и инструментов, расположенных под определённым углом друг относительно друга. Их можно использовать для простого и дифференциального деления.

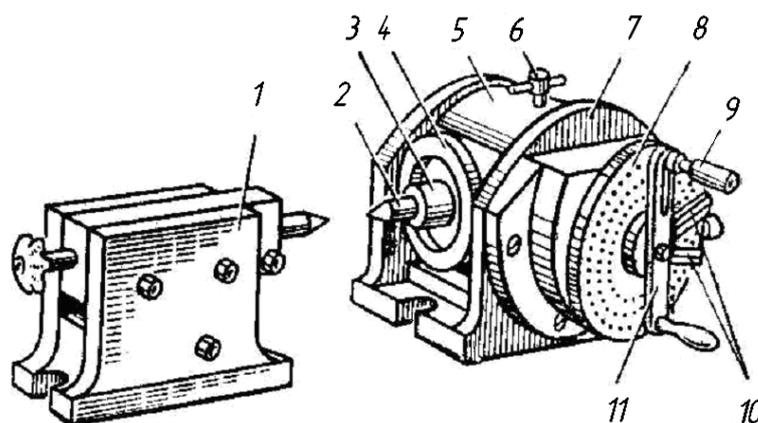


Рисунок 4 - Внешний вид универсальной делительной головки:

1 - задняя бабка; 2 – центр; 3 – шпиндель; 4 – диск; 6 – винт фиксации червяка; 7 – корпус; 8 – делительный диск; 9 – фиксатор; 10 – флажки; 11 – рукоятка

Для подсчёта требуемого угла поворота шпинделя 3 делительной головки (рис. 4), а, следовательно, и оправки с закреплённой на ней обрабатываемой деталью, служит делительный диск 8, имеющий с обеих сторон несколько рядов отверстий, расположенных на концентрических окружностях. Отверстия на диске предназначены для фиксации рукоятки 11 в определённых положениях при помощи стержня фиксатора 9.

#### 4 Последовательность выполнения лабораторной работы

1) В соответствии с исходными данными по заданию выбираем № фрезы (табл. 1).

Например:

Фреза дисковая зуборезная модульная  $m=1,5$  мм № 3

Материал Р6М5.

По ГОСТ 13838—68 «Фрезы дисковые зуборезные мелкомодульные» [[files.stroyinf.ru](http://files.stroyinf.ru)]; ГОСТ 10996-64 «Фрезы дисковые зуборезные модульные» [<http://docs.cntd.ru/document/gost-10996-64>]

находим размеры фрезы.

Диаметр фрезы  $D$ , мм.

Толщина фрезы  $B$ , мм.

Число зубьев фрезы  $Z_{\text{фр}}$ .

- 2) По нормативам режимов резания в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала, материала режущей части инструмента и модуля нарезаемого колеса определяется скорость резания  $V$ , м/мин. (Табл. 2) и подачу  $S_{об}$ , об/мин.(Табл. 3) .

Таблица 2

Ориентировочные значения скоростей для различных материалов

| Материал зубчатого колеса | Скорость фрезерования, м/мин. |
|---------------------------|-------------------------------|
| алюминий                  | 200-400                       |
| бронза                    | 90-150                        |
| сталь                     | 50-100                        |

Лучше назначать среднюю скорость, а в процессе корректировать ее в меньшую или большую сторону.

После чего согласно известной формуле скорости резания  $V = \frac{\pi D n}{1000}$  (м/мин.) находят расчетную частоту вращения фрезы ( $\text{мин}^{-1}$ ):

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

где  $D$  – наружный диаметр фрезы, мм.

Расчетное значение частоты вращения фрезы всегда будет отличаться от стандартного значения, которой обеспечивает кинематика фрезерного станка. Поэтому для выполнения работы принимается ближайшая меньшая частота вращения  $n$ , которую можно получить на станке (Рис. 7).

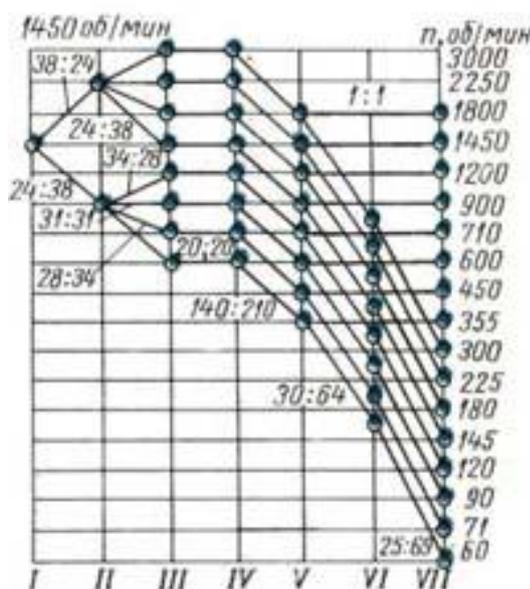
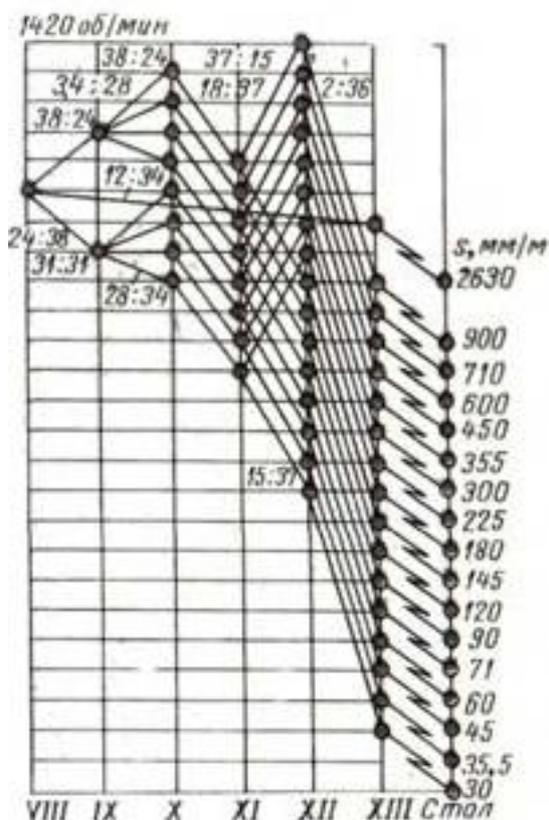


Рисунок 7 – График частот вращения

- Подачу на один оборот  $S_{об}$ , мм/об., выбираем по табл. 3 и корректируем по станку (рис. 8). Это значение вносим в табл. 4.



• Рисунок 8 – График чисел подач

- Настройка частоты вращения шпинделя производится за счет переключения колес в коробке скоростей, показанных на кинематической схеме (рис. 1, б).
- Переключаются колеса с помощью механизма переключения, который имеет рукоятку переключения и таблицу, указывающую положения рукоятки и соответствующие этому положению частоты вращения шпинделя.
- Чтобы определить какие из зубчатых колес коробки скоростей участвуют в передаче вращения необходимо по схеме включения передач (рис. 7) выбрать кинематическую цепь, которая позволяет получать нужную частоту вращения шпинделя.
- Аналогично настраивается и механизм подач. Схема включения механизма подач показана на рис.8.
- Затем рассчитаем подачи:
  - подача на один зуб ( $S_z$ , мм/зуб) – изменение положения детали при повороте фрезы на расстояние от одного рабочего зуба к следующему;
  - подача за одну минуту ( $S_{мин}$ , мм/мин).

Их взаимосвязь:  $S_{\min} = S_{\text{об}} \cdot n = S_z \cdot z_{\text{фр}} \cdot n$ ,

где  $z_{\text{фр}}$  – количество зубьев фрезы;

$n$  – частота вращения шпинделя,  $\text{мин}^{-1}$ .

На величину подачи влияют стойкость инструмента и рабочие характеристики механизма подачи (Табл. 3).

Таблица 3

### Подача при фрезеровании

| Обрабатываемый материал  | Материал режущей части инструмента | Подача $S$ , мм/об      | $C_v$               | $q$          | $y$                  | $m$           | Охлаждение |
|--|------------------------------------|-------------------------|---------------------|--------------|----------------------|---------------|------------|
| Сталь конструкционная, $\sigma_s = 750$ МПа  | P6M5                               | Не более 0,2<br>Св. 0,2 | 7,0<br>9,8          | 0,40         | 0,70<br>0,50         | 0,20          | Есть       |
| Сталь жаропрочная<br>12X18H9T, HB141   |                                    | —                       | 3,5<br>14,7<br>17,1 | 0,50<br>0,25 | 0,45<br>0,55<br>0,40 | 0,12<br>0,125 | Нет        |
| Чугун черный, 190 HB   | BK8                                | —                       | 34,2                | 0,45         | 0,30                 | 0,20          | —          |
| Медные гетерогенные сплавы средней твердости (100—140 HB)  |                                    | Не более 0,3<br>Св. 0,3 | 28,1<br>32,6        | 0,25         | 0,55<br>0,40         | 0,125         | Есть       |
| Силумин и литейные алюминиевые сплавы, $\sigma_s = 100 \dots 200$ МПа, HB $\leq 65$ ; дуралюминий, HB $\leq 100$ | P6M5                               | Не более 0,3<br>Св. 0,3 | 28,1<br>40,7        | 0,25         | 0,55<br>0,40         | 0,125         |            |

Глубина резания равна высоте зуба  $t = 2,25 \cdot m$ .

Результаты сводим в таблицу 4.

Таблица 4

### Данные для настройки станка

| № фрезы | Материал режущей части фрезы | Модуль $m$<br>Диаметр фрезы $D$<br>Толщина фрезы $B$ , мм<br>Число зубьев $Z_{\text{фр}}$ | Скорость резания $V$ , м/мин | Расчетная частота вращения фрезы ( $\text{мин}^{-1}$ ) | Скорректированная по станку частота вращения фрезы ( $\text{мин}^{-1}$ ) | Подача на один оборот $S_{\text{об}}$ , мм/об.;<br>на один зуб - $S_z$ , мм/зуб;<br>за одну минуту - $S_{\text{мин}}$ , мм/мин | на один .<br>Глубина резания, $t$ мм |
|---------|------------------------------|---|------------------------------|--|--|--|--------------------------------------|
|         |                              | $m =$<br>$D =$<br>$B =$<br>$Z_{\text{фр}} =$  | $V =$                        | $n_{\text{расч}} =$                                    | $n =$  | $S_{\text{об}} =$<br>$S_z =$<br>$S_{\text{мин}} =$   | $t =$                                |

## 5 Настройка делительной головки

Посмотрите фильм <https://youtu.be/guU4f8aU4DM>

«Настройка делительной головки». Универсальная делительная головка позволяет производить непосредственное, простое и дифференциальное деление.

### 5.1. Непосредственное деление

Метод непосредственного деления применяют при делении окружности на 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 24, 30 и 36 частей. При непосредственном делении отсчет угла поворота осуществляют по диску на шпинделе делительной головки, градуированному на  $360^{\circ}$  с ценой деления  $5'$ . Нониус позволяет выполнять этот отсчет с точностью до  $5'$ . Угол  $\alpha$ , град, поворота шпинделя при делении на  $z$  частей определяют по формуле:

$$\alpha = 360^{\circ} / z,$$

где  $z$  — заданное число делений.

При каждом повороте шпинделя головки к отсчету, соответствующему положению шпинделя до поворота, следует прибавить величину, равную значению угла  $\alpha$ , найденному по формуле.

При непосредственном делении шпиндель поворачивают вручную. Отсчет поворота производят при помощи отверстий на тыльной стороне диска. Если указанный метод деления неприемлем, то применяют простое деление.

### 5.2. Простое деление

Универсальная делительная головка (рис. 9) обеспечивает простое деление на  $Z$  равных частей, здесь  $Z$  — число зубьев нарезаемого колеса.

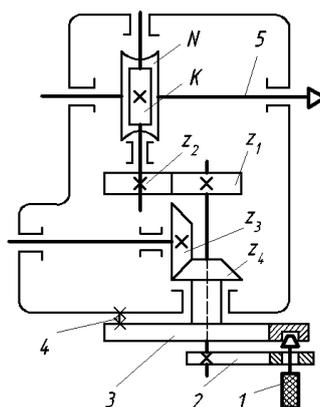


Рисунок 9 – Схема простого деления

Деление выполняют вращением рукоятки 2 относительно неподвижного делительного диска 3. Диск двухсторонний и имеет ряд отверстий, расположенных по окружности. Надо найти на одной из сторон диска окружность с подходящим числом отверстий и определить обороты рукоятки  $n_{\text{рук}}$ .

$$n_{\text{рук}} = N/Z,$$

где  $N$  – характеристика делительной головки,  $N=40$ ;

$Z$  – число зубьев нарезаемого колеса.

Таким образом, 40 оборотов рукоятки соответствует 1 обороту шпинделя.

### Пример

Исходные данные: число зубьев колеса  $Z=22$ ;  $m=2$  мм

Наружный диаметр колеса  $D_e=m(Z+2)=2 \cdot (22+2)=48$  (мм).

Высота зуба  $h=t=2,2 \cdot m=2,2 \cdot 2=4,4$  (мм).

Определим число оборотов рукоятки:

$$n_{\text{рук}} = N/Z = 40/22 = 1\frac{18}{22} = 1\frac{9}{11} \text{ (об. рук.)}$$

Выбираем подходящее число отверстий на делительном диске делительной головки, которое делится на 11:

16; 17; 19; 21; 23; 29; 30; 31; 33; 37; 39; 41; 43; 47; 49; 54.

Подходит окружность, где 33 отверстия.

$$\text{Тогда } n_{\text{рук}} = N/Z = 40/22 = 1\frac{18}{22} = 1\frac{9}{11} = 1\frac{9 \cdot 3}{11 \cdot 3} = 1\frac{27}{33}.$$

Для деления на  $Z=22$  надо установить фиксатор против окружности 33. Повернуть ручку на 1 оборот и 27 отверстий по окружности 33. Сектор раздвигают на угол, соответствующий числу отверстий 27.

После фрезерования первой впадины поворачивают заготовку рукояткой на 1 оборот + 27 отверстий по окружности 33 и туда ставят фиксатор. Сектор переставляют поворотом в новое положение.

### 5.3 Дифференциальное деление

Если нельзя подобрать на делительном диске число отверстий, которое позволяет получить их целое число, то следует выбрать приближенное число зубьев колеса  $Z_f$ , близкое к заданному и позволяющее получить целое число отверстий.

#### Пример

Исходные данные: число зубьев колеса  $Z=141$ ;  $m=2$  мм.

Выбираем подходящее число отверстий на делительном диске делительной головки, которое делится на 141. Такого нет.

16; 17; 19; 21; 23; 29; 30; 31; 33; 37; 39; 41; 43; 47; 49; 54.

Тогда принимаем  $Z_f=140$ . А чтобы при делении получить  $Z=141$  используем гитару сменных колес (рис.10)

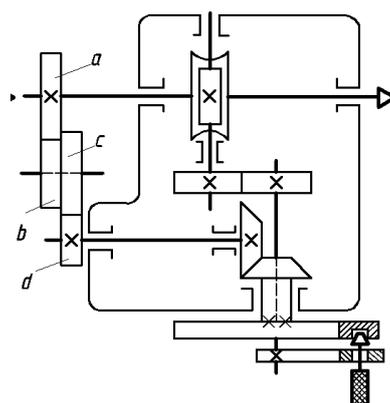


Рисунок 10 – Дифференциальное деление

$$\text{Тогда } n_{\text{рук}} = N/Z = \frac{40}{140} = \frac{2}{7}.$$

Находим окружность с числом отверстий, которое делится на 7. На диске

есть окружность с числом отверстий 49. Используем ее и получим:

$n_{\text{рук}} = N/Z = \frac{40}{140} = \frac{2}{7} = \frac{2 \cdot 2}{7 \cdot 7} = \frac{14}{49}$ , то есть при делении поворачиваем ручку на 14 делений (отверстий) по окружности, где 49 отверстий.

Чтобы получить 141 зуб, а не 140, рассчитаем передаточное отношение гитары сменных колес  $a/b, c/d$ .

$$u = N(1 - \frac{Z}{Z_f}) = 40(1 - \frac{141}{140}) = -\frac{40}{140} = -\frac{40 \cdot 1}{70 \cdot 2}$$

Знак «-» означает, что гитара сменных колес должна замедлить вращение заготовки при делении на 141 зуб.

Для настройки гитары сменных колес к станку прилагается набор колес с числом зубьев:

25; 30; 35; 40; 50; 55; 6-; 70; 80; 90; 100.

Для устранения ошибки в делении, шпиндель следует повернуть дополнительно. Для этого устанавливают гитару сменных колес  $a, b, c, d$ .

$$\text{Тогда: } u = \frac{a}{b} \cdot \frac{c}{d} = -\frac{40 \cdot 1}{70 \cdot 2} = -\frac{40 \cdot 50}{70 \cdot 100}$$

То есть  $a=40; b=70; c=50; d=100$ .

Желательно принимать  $Z_f > Z$ , так как при этом условии делительный диск и рукоятка будут вращаться в одну сторону и не потребуется ставить дополнительное промежуточное колесо в гитару (реверс).

## **6 Контроль обработанного зубчатого колеса**

Метод копирования при изготовлении зубчатых колес используется в единичном производстве и при выполнении ремонтных работ, а в отдельных случаях его используют в серийном производстве для предварительной обработки.

Зубчатые колеса, полученные по методу копирования, имеют 9...10 степень точности.

Контроль полученного зубчатого колеса можно проводить по толщине зуба с помощью штангензубомера или по длине общей нормали.

<https://youtu.be/HreS-ftqA18>

**Штангензубомер**

<https://youtu.be/1C8mLfumQSc>

## Контроль по длине общей нормали

### 7 Содержание отчёта

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Эскиз детали с приведением расчёта параметров зубчатого колеса
4. Кинематическая схема делительной головки.
5. Расчёт элементов режима резания: глубина резания  $t$ , мм; подача  $S$ , мм/об; скорость резания  $V$ , м/мин) – таблица 4.
6. Расчёт настройки делительной головки.
7. Краткие выводы по выполненной работе.

#### Контрольные вопросы

1. Назовите основные элементы зубчатого колеса (Рис. 1)

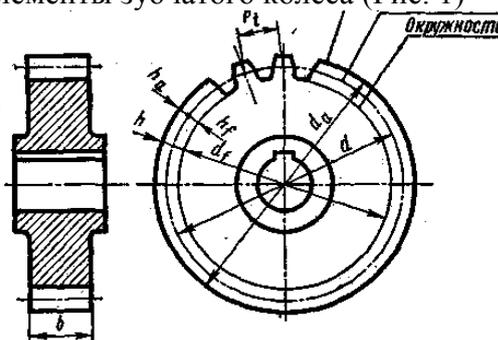


Рис. 1

2. В чём заключается сущность метода копирования при нарезании цилиндрических зубчатых колёс (Рис. 2)?

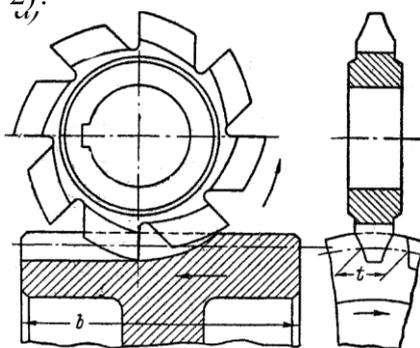


Рис. 2

3. Перечислите движения, которые участвуют в образовании зуба. Обозначьте их на чертеже (Рис. 2).
4. Укажите размерность движений формообразования.
5. Как выбирается скорость фрезерования?
6. Запишите формулу частоты вращения фрезы.
7. Как выбирается подача при фрезеровании зубьев?
8. Как выбираются дисковые модульные фрезы?

9. Выберите комплект модульных фрез для обработки зубчатого колеса  $Z=34$ ;  $m=2,5$  мм.
10. Перечислите технологическое оснащение процесса фрезерования зубьев цилиндрического колеса.
11. В чем заключается настройка станка для фрезерования зубьев цилиндрического колеса?
12. Что такое характеристика делительной головки?
13. Какие методы настройки делительной головки (ДГ) вы знаете?
14. Какой метод настройки ДГ применим при фрезеровании квадрата (Рис. 3, а)? Запишите формулу настройки.

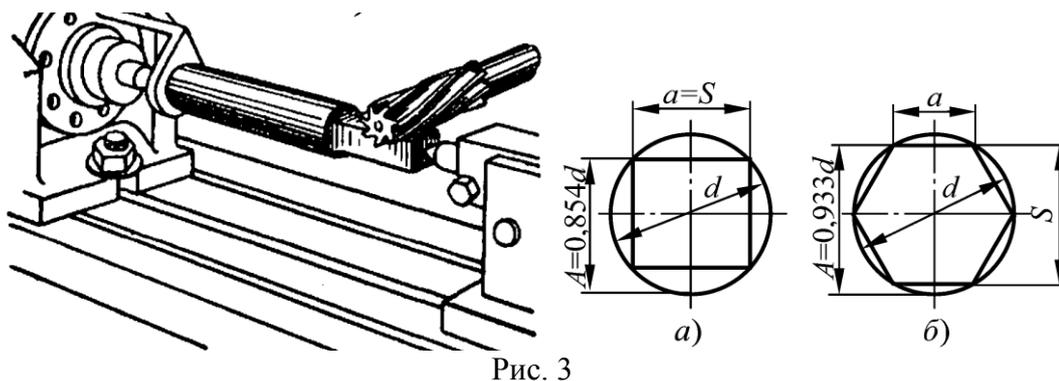


Рис. 3

15. Какой метод настройки ДГ применим при фрезеровании шестигранника (Рис. 3, б)? Запишите формулу настройки.
16. Какой метод настройки ДГ применим при фрезеровании зубчатого колеса  $Z=15$ ? Запишите формулу настройки.
17. Какой метод настройки ДГ применим при фрезеровании зубчатого колеса  $Z=141$ ;  $m=2$  мм. Запишите формулу настройки.
18. Перечислите методы контроля качества зубчатого венца.
19. Что такое длина общей нормали? Как контролируется?
20. Запишите уравнение кинематического баланса для своего варианта для частоты вращения по графику (Рис. 7).
21. Запишите уравнение кинематического баланса для своего варианта для подачи по графику (Рис. 8).
22. Расшифруйте обозначение станка мод. 6Н81Г.
23. Расшифруйте обозначение материала фрезы.

### Библиографический список

1. Калашников С.Н. Зубчатые колеса и их изготовление [Текст] /С.Н. Калашников, А.С. Калашников. — М.: Машиностроение, 1983. — 261 с.
2. Металлорежущие станки : учебник: в 2 т. Т. 2.: Машиностроение / В. В. Бушуев, А. В. Еремин, А. А. Какойло [и др.]; под. ред. В. В. Бушуева. 2011. – 584 с.
3. Барбашов, Ф. А. Фрезерное дело: учебное пособие для высших учебных заведений / Ф. А. Барбашов. – Москва: Высшая школа, 2012. – 277с.

4. Косовский, В. Л. Справочник молодого фрезеровщика / В. Л. Косовский – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва: Высшая школа, 2009. – 240 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя : В 2-х т. / Под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. М.: Машиностроение. – 2002.
6. ГОСТ 13838—68 «Фрезы дисковые зуборезные мелко модульные»/[files.stroyinf.ru](http://files.stroyinf.ru)
7. ГОСТ 10996-64 «Фрезы дисковые зуборезные модульные»/<http://docs.cntd.ru/document/gost-10996-64>

Фильмы:

8. <https://youtu.be/5Ik7F-xOFk8>/Обработка зубчатых колес
9. <https://youtu.be/guU4f8aU4DM/> Настройка делительной головки
10. <https://youtu.be/HreS-ftqA18/> Штангензубомер
11. <https://youtu.be/1C8mLfumQSc/> Контроль по длине общей нормали

ПРИЛОЖЕНИЕ

Число оборотов рукоятки делительного диска при простом делении

| Число частей, на которое требуется разделить деталь | Число полных оборотов рукоятки | Число отверстий, отсчитываемых сектором на окружности делительного диска | Число отверстий на выбранной окружности делительного диска | Число частей, на которое требуется разделить деталь | Число полных оборотов рукоятки | Число отверстий, отсчитываемых сектором на окружности делительного диска | Число отверстий на выбранной окружности делительного диска |
|---|--------------------------------|--|--|---|--------------------------------|--|--|
| 2   | 20                             | -  | -  | 23  | 1                              | 17   | 23   |
| 3   | 13                             | 11   | 33   | 24  | 1                              | 22   | 33   |
| 4   | 13                             | 10   | 30   | 25  | 1                              | 20   | 30   |
| 5   | 13                             | 13   | 39   | 26  | 1                              | 26   | 39   |
| 6   | 10                             | -  | -  | 27  | 1                              | 18   | 30   |
| 7   | 8                              | -  | -  | 28  | 1                              | 21   | 39   |
| 8   | 6                              | 22   | 33   | 29  | 1                              | 26   | 54   |
| 9   | 6                              | 20   | 30   | 30  | 1                              | 21   | 49   |
| 10  | 6                              | 26   | 39   | 31  | 1                              | 9  | 21   |
| 11  | 5                              | 35   | 49   | 32  | 1                              | 11   | 29   |
| 12  | 5                              | 15   | 21   | 33  | 1                              | 11   | 33   |

| Число частей, на которое требуется разделить деталь | Число полных оборотов рукоятки | Число отверстий, отсчитываемых сектором на окружности делительного диска | Число отверстий на выбранной окружности делительного диска | Число частей, на которое требуется разделить деталь | Число полных оборотов рукоятки | Число отверстий, отсчитываемых сектором на окружности делительного диска | Число отверстий на выбранной окружности делительного диска |
|---|--------------------------------|--|--|---|--------------------------------|--|--|
| 13  | 5                              | -  | -  | 34  | 1                              | 10   | 30   |
| 14  | 4                              | 24   | 54   | 35  | 1                              | 13   | 39   |
| 15  | 4                              | -  | -  | 36  | 1                              | 9  | 31   |
|   | 3                              | 21   | 33   | 37  | 1                              | 4  | 16   |
|   | 3                              | 13   | 39   | 38  | 1                              | 7  | 33   |
| 16  | 3                              | 10   | 30   | 39  | 1                              | 3  | 17   |
| 17  | 3                              | 3  | 39   | 40  | 1                              | 7  | 49   |
| 18  | 2                              | 42   | 49   | 41  | 1                              | 3  | 21   |
| 19  | 2                              | 18   | 21   | 42  | 1                              | 6  | 54   |
| 20  | 2                              | 22   | 33   |   | 1                              | 3  | 37   |
| 21  | 2                              | 20   | 30   |   | 1                              | 1  | 19   |
| 22  | 2                              | 26   | 39   |   | 1                              | 1  | 39   |
|   | 2                              | 8  | 16   |   | 1                              | -  | -  |
|   | 2                              | 15   | 30   |   | -                              | 40   | 41   |
|   | 2                              | 27   | 54   |   | -                              | 20   | 21   |
|   | 2                              | 6  | 17   |   |                                |  |  |
|   | 2                              | 12   | 54   |   |                                |  |  |
|   | 2                              | 2  | 19   |   |                                |  |  |
|   | 2                              | -  | -  |   |                                |  |  |
|   | 1                              | 19   | 2  |   |                                |  |  |
|   | 1                              | 27   | 33   |   |                                |  |  |

Число оборотов рукоятки делительного диска при дифференциальном делении

| Число частей, на которое требуется разделить деталь | Число отверстий, на которое требуется повернуть | Число отверстий на выбранной окружности делительного | Число зубьев сменных шестерён |                    |                    |                                    | Число паразитных шестерён |
|---|---|--|-------------------------------|--------------------|--------------------|------------------------------------|---------------------------|
|   |   |  | На шпинделе                   | 1-ый промежуточный | 2-ой промежуточный | На валу привода делительного диска |                           |

|    | рукоятку | о диска | а  | б  | в  | г  |   |   |    |   |   |
|----|----------|---------|----|----|----|----|---|---|----|---|---|
| 43 | 48       | 54      | 80 | 30 | 40 | 60 | - |   |    |   |   |
| 44 | 30       | 33      | -  | -  | -  | -  | - |   |    |   |   |
| 45 | 48       | 54      | -  | -  | -  | -  | - |   |    |   |   |
| 46 | 20       | 23      | -  | -  | -  | -  | 1 |   |    |   |   |
| 47 | 25       | 30      | 50 | -  | -  | 60 | - |   |    |   |   |
| 48 | 25       | 30      | -  | -  | -  | -  | - |   |    |   |   |
| 49 | 40       | 49      | -  | -  | -  | -  | - |   |    |   |   |
| 50 | 24       | 30      | -  | -  | -  | -  | 2 |   |    |   |   |
| 51 | 24       | 30      | 40 | -  | -  | 50 | - |   |    |   |   |
| 52 | 30       | 39      |    |    | -  |    | - | - | -  | - | 2 |
| 53 | 24       | 30      |    |    | 60 |    | - | - | 25 | - |   |
| 54 | 40       | 54      |    |    | -  |    | - | - | -  | - |   |
| 55 | 24       | 33      |    |    | -  |    | - | - | -  | - |   |
| 56 | 35       | 49      |    |    | -  |    | - | - | -  | - |   |
| 57 | 15       | 21      |    |    | -  |    | - | - | -  | 1 |   |
| 58 | 22       | 33      |    |    | 60 |    | - | - | 30 | - |   |
| 59 | 20       | 29      |    |    | -  |    | - | - | -  | 1 |   |
| 60 | 22       | 33      |    |    | 40 |    | - | - | 60 | - |   |
| 61 | 22       | 33      |    |    | -  |    | - | - | -  | - |   |
| 62 | 26       | 39      |    |    | -  |    | - | - | -  | - |   |
| 63 | 36       | 54      |    |    | -  |    | - | - | -  | 2 |   |
| 64 | 22       | 33      |    |    | 40 |    | - | - | 60 | - |   |
| 65 | 20       | 31      |    |    | -  |    | - | - | -  | 2 |   |
| 66 | 22       | 33      |    |    | 60 |    | - | - | 30 | - |   |
| 67 | 10       | 16      |    |    | -  |    | - | - | -  | - |   |
| 68 | 24       | 39      |    |    | -  |    | - | - | -  | - |   |

|    |    |    |    |   |   |    |   |
|----|----|----|----|---|---|----|---|
| 69 | 20 | 33 | -  | - | - | -  | 1 |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
| 70 | 28 | 49 | 60 | - | - | 35 | - |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
| 71 | 10 | 17 | -  | - | - | -  | 1 |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
| 72 | 28 | 49 | 40 | - | - | 70 | - |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
| 73 | 28 | 49 | -  | - | - | -  | - |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
| 74 | 12 | 21 | -  | - | - | -  | 2 |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
| 75 | 12 | 21 | 40 | - | - | 70 | 2 |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
|    | 28 | 49 | 40 | - | - | 70 | - |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
|    | 30 | 54 | -  | - | - | -  | 2 |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
|    | 12 | 21 | 60 | - | - | 35 | 2 |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
|    | 28 | 49 | 60 | - | - | 35 | - |
|    |    |    |    |   |   |    |   |
|    | 20 | 37 | -  | - | - | -  | - |
|    | 16 | 30 | -  | - | - | -  | - |