

**Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
Иркутский государственная аграрный университет**

Кафедра «Технический сервис и общеинженерные дисциплины»

С.В. Агафонов, В.А. Беломестных

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Учебно-методическое пособие

Молодёжный 2020



УДК 620.22+621.7./9+621.9.06

А 235

Агафонов С.В., Беломестных В.А.

А 235 Материаловедение и технология конструкционных материалов. Делительные головки : учеб.-метод. пособие. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Иркутск : Изд-во ИрГАУ, 2020. – 33 с.

Рекомендовано к печати научно-методическим советом инженерного факультета Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского (протокол № 9 от 11 июня 2020 г.).

Рецензент: кандидат технических наук, доцент П.И. Ильин, кафедра «Эксплуатация машинно-тракторного парка, безопасность жизнедеятельности и профессиональное обучение» инженерного факультета ФГБОУ ВО Иркутского государственного аграрного университета имени А.А. Ежевского.

Приведены классификация и назначение делительных головок. Показаны методы деления применяемые в промышленности и ремонтном производстве на примере универсальной делительной головки УДГ Н-100.

Основной текст напечатан корпусом, он и составляет обязательный учебный материал, петитом набран дополнительный материал, развивающий некоторые положения основного текста, а так же материал справочного характера.

Учебно-методическое пособие подготовлено на основе требований Федерального государственного образовательного стандарта и программы дисциплины «Материаловедение и технология конструкционных материалов», предназначено для бакалавров обучающихся по направлениям подготовки 35.03.06 Агроинженерия, 23.03.03 Эксплуатация транспортно - технологических машин и комплексов очной и заочной формы обучения, 44.03.04 Профессиональное обучение, 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника в качестве пособия к лабораторно - практическим занятиям и для самостоятельной работы.

© Агафонов С.В., 2020

© Издательство ИрГАУ, 2020

ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Изучить назначение и типы делительных головок.
2. Изучить конструкцию и кинематическую схему универсальной делительной головки УДГ Н-100.
3. Изучить настройку делительной головки способами непосредственного (прямого), простого и дифференциального деления.
4. Изучить универсальный метод деления Гуцула П.С.
5. Изучить последовательность настройки универсального фрезерного станка на фрезерование винтовых канавок.
6. Изучить фрезерование кулачков.

ОТЧЁТНОСТЬ

1. Описать назначение и типы делительных головок.
2. Описать конструкцию универсальной делительной головки УДГ Н-100.
3. Привести техническую характеристику универсальной делительной головки УДГ Н-100.
4. Описать методы деления и вычертить схемы настройки делительной головки для:
 - простого деления,
 - дифференциального деления.
5. Дать расчёт настройки делительной головки УДГ Н-100 согласно индивидуального задания (приложение А).

1. НАЗНАЧЕНИЕ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕЛИТЕЛЬНЫХ ГОЛОВОК

Делительные головки имеют широкое применение в промышленности. Они относятся к приспособлениям и применяются при работе на металлообрабатывающих станках: фрезерных, сверлильных, расточных, долбежных, заточных, шлифовальных и др.

С помощью делительных головок выполняются самые разнообразные работы. Они предназначены для периодического поворота заготовок на равные или неравные углы (например, при фрезеровании многогранников, зубьев колёс) и для непрерывного вращения заготовок, согласованного с продольной подачей (например, при нарезании винтовых канавок у свёрл, зенкеров и др. или фрезеровании зубчатых колёс с винтовым зубом). Делительные головки применяются при заточке режущего инструмента.

Самостоятельно делительные головки используются при разметочных и контрольных работах в инструментальных и ремонтных цехах машиностроительных заводов. В ремонтно-механических мастерских делительные головки, особенно универсальные, являются незаменимым приспособлением.

Конструкции применяемых в настоящее время делительных головок весьма разнообразны, однако их можно классифицировать по определенным группам. Это тем более необходимо, что при выполнении делительных работ на фрезерных или других станках точность и экономичность работы зависят как от станка, так и от правильного выбора делительной головки.

Классификация делительных головок приведена на рисунке 1. По конструктивным особенностям их можно объединить в следующие основные группы: *автоматические, механические, специальные, оптические делительные головки и устройства.*



Рисунок 1 – Классификация делительных головок

Делительные головки каждой группы, в свою очередь, разделяются на различные типы. Например, головки, относящиеся к группе механических головок, позволяют производить любые характерные технологические операции, связанные с выполнением деления и других работ. На простых делительных головках производится деление на небольшое число частей, а на делительных головках специального назначения выполняется более ограниченный круг делительных работ.

2. КОНСТРУКЦИЯ И КИНЕМАТИЧЕСКАЯ СХЕМА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ДЕЛИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ УДГ Н-100

Модель делительной головки УДГ Н-100 расшифровывается следующим образом:

У – универсальная,

Д – делительная,

Г – головка,

Н – точность изготовления деталей – нормальная,

100 – высота, мм (максимальный диаметр обработки детали 200 мм).

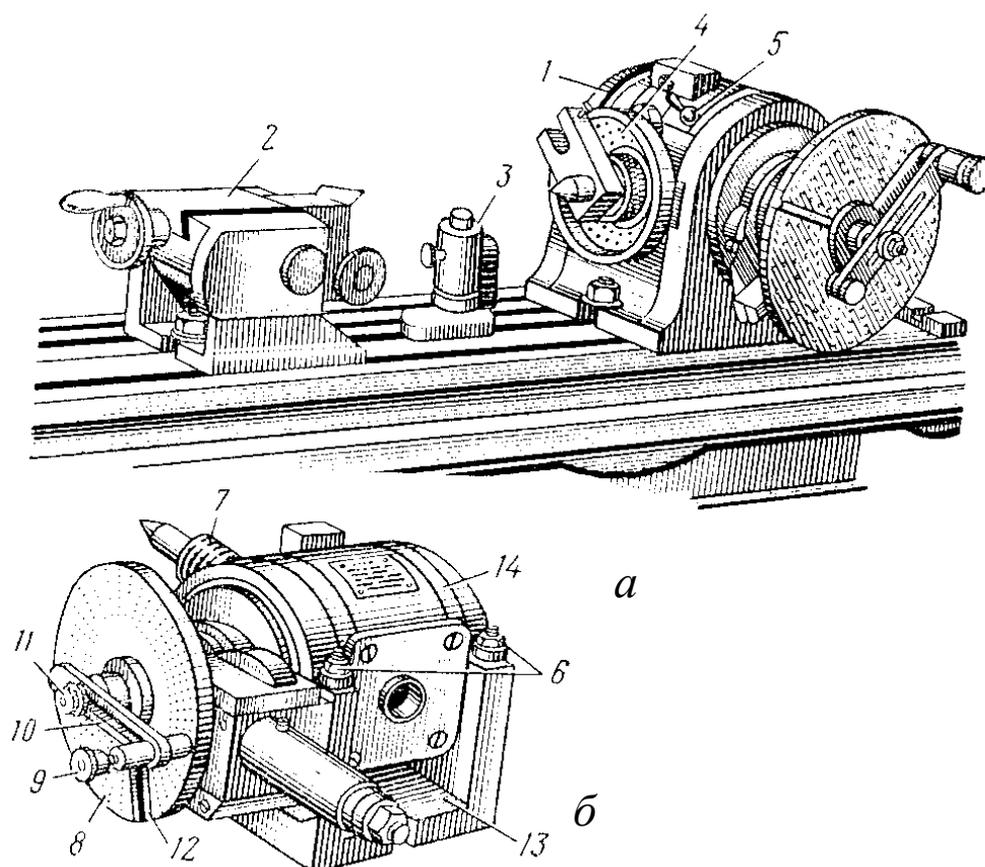
В комплект универсальной делительной головки УДГ Н-100 (рисунок 2 а) входят делительная бабка 1, задняя бабка 2, люнет 3, комплект шестерён гитарного механизма, центры и патроны.

Делительную бабку (рисунок 2 б) устанавливают на правой стороне стола фрезерного станка. Она, в свою очередь, состоит из основания 13 и корпуса 14. Основание неподвижно крепится на столе фрезерного станка болтами, которые своими головками входят в Т-образный паз стола. Корпус вместе со шпинделем лежит в основании на шейках и может поворачиваться в вертикальной плоскости на угол от -10° до $+90^\circ$.

В требуемом положении корпус закрепляют гайками 6. Поворот корпуса применяют для установки обрабатываемых деталей, закрепляемых в патроне, под углом. С правой стороны корпуса головки располагается гитара (кронштейн) со сменными зубчатыми колёсами (шестернями) (на рисунке 2 б не показаны, см. рисунок 6 б).

Для поворота шпинделя 7 на требуемый угол, а следовательно, и обрабатываемой детали служит делительный диск 8, имеющий с обеих сторон несколько рядов отверстий, расположенных по концентрическим окружностям.

Отверстия в каждом ряду расположены на равном расстоянии друг от друга. Они на диске служат для фиксации рукоятки в определённых положениях. Для установки фиксатора рукоятки на любой ряд отверстий делительного диска рукоятку 9 вместе с планкой 10 перемещают по пазу и закрепляют гайкой 11.



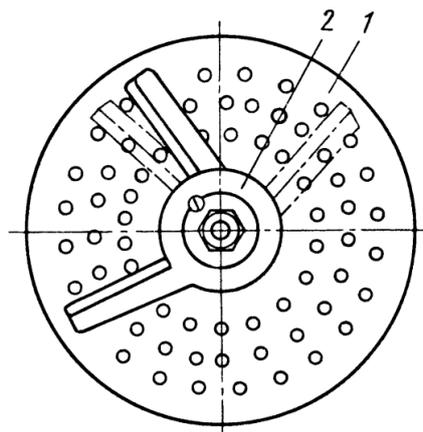
1 – делительная бабка (головка); 2 – задняя бабка; 3 – люнет;
 4 – лимб; 5 – рукоятка; 6, 11 – крепёжные гайки; 7 – шпиндель;
 8 – делительный диск; 9 – рукоятка; 10 – планка;
 12 – раздвижной сектор; 13 – основание; 14 – корпус

Рисунок 2 – Универсальная делительная головка:

а – комплект лимбовой делительной головки;
б – делительная бабка (головка)

Для быстрого и точного подсчёта требуемого количества отверстий на диске имеется раздвижной сектор 12. На рисунке 3 изображены делительный диск 1 и раздвижной сектор 2 в разных положениях.

Заднюю бабку комплекта делительной головки устанавливают на левой стороне стола фрезерного станка. Она служит для поддержания второго конца обрабатываемой детали или оправки.



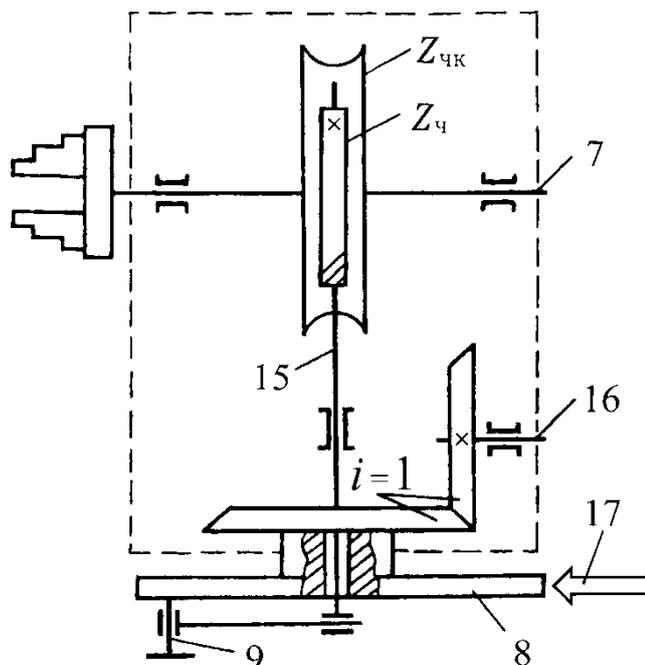
1 – делительный диск; 2 – раздвижной сектор

Рисунок 3 – Делительный диск

Задняя бабка позволяет производить перемещения центра в продольном и вертикальном направлениях и установку его под углом $+10^\circ$. Люнет служит опорой при обработке длинных и тонких деталей.

Кинематическая схема делительной головки показана на рисунке 4.

В корпусе делительной головки имеется полый шпиндель 7, на который насажено червячное колесо $Z_{чк}$, находящееся в постоянном зацеплении с червяком $Z_ч$. Червяк $Z_ч$ жёстко сидит на валу 15, который соединён с рукояткой 9. Эта рукоятка снабжена штифтом (фиксатором) для фиксации последнего в соответствующем отверстии делительного диска 8.



7 – шпиндель; 8 – делительный диск; 9 – рукоятка;
15, 16 – валы; 17 – стопор

Рисунок 4 – Кинематическая схема универсальной делительной головки

Примечание – Назначение вала 16 будет рассмотрено в разделе «Методы деления».

Для поворота обрабатываемой детали на требуемый угол извлекают фиксатор рукоятки 9 из отверстия делительного диска 8, поворачивают рукоятку с валом 15, далее движение передается червячной паре ($Z_{ч} \rightarrow Z_{чк}$) и шпинделю 7.

В универсальной делительной головке УДГ Н-100 червячное колесо $Z_{чк}$ имеет 40 зубьев (другие модели головок могут иметь 30, 50, 60, 80 и 120 зубьев), а червяк $Z_{ч}$ – однозаходный и, следовательно, передаточное отношение червячной пары будет $i = 1/40$.

Характеристикой N делительной головки называется величина, обратная передаточному отношению червячной пары ($N = 40$).

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДЕЛИТЕЛЬНОЙ
ГОЛОВКИ УДГ Н-100

Высота центров, мм	100
Резьба рабочего конца шпинделя	M39×4
Предел поворота шпинделя в вертикальной плоскости от - 20° до + 95°	
Диаметр отверстия шпинделя, мм	20
Конус шпинделя	Морзе № 3
Передаточное отношение червячной пары	1 : 40
<i>Число отверстий делительного диска:</i>	
на одной стороне	– 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31;
на другой стороне	– 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54
Цена деления лимба непосредственного деления	1°
Размер направляющих сухарей, мм	14
Длина хода пиноли задней бабки, мм	25
Конус пиноли задней бабки	Морзе № 3
Высота подъёма пиноли задней бабки, мм	20
Высота подъёма люнета, мм	15
Расстояние от основания делительной головки до торца шпинделя при его вертикальном положении, мм	214
<i>Число зубьев</i>	
<i>сменных шестерён</i>	– 25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100
Габаритные размеры основания делительной головки, мм	140×210
Вес делительной головки, кг	42
Вес комплекта принадлежностей, кг	32

3. МЕТОДЫ ДЕЛЕНИЯ

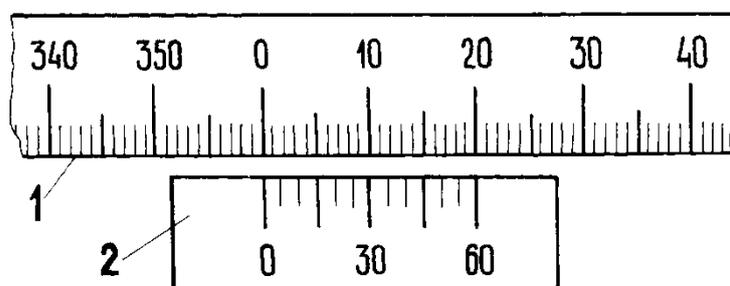
В зависимости от числа требуемых делений и точности их выполнения выбирается способ деления и тип делительной головки. На разных конструкциях делительных головок деление окружности выполняется разными способами: *непосредственным* делением, *простым* делением и *дифференциальным* (сложным) делением.

3.1 НЕПОСРЕДСТВЕННОЕ ДЕЛЕНИЕ

Непосредственное деление или, как иногда называют, *прямое* деление выполняется на простых и универсальных делительных головках при делении окружности в градусном выражении, а также при делении окружности заготовки на малое число частей от 2 до 26 частей.

В случае работы с УДГ непосредственное деление производится по лимбу 4 (рисунок 2). Для этого однозаходный червяк, находящиеся внутри головки, выводят из зацепления с червячным колесом и рукояткой 5 выводят фиксатор из лимба непосредственного деления.

Теперь этот лимб (или патрон) можно поворачивать вручную на требуемый угол по имеющейся на нём градусной шкале непосредственного деления и нониусу 2 (цена деления на нониусе соответствует 5°) (рисунок 5) или отверстиям, просверленным на его тыльной стороне.



1 – градусная шкала; 2 – нониус

Рисунок 5 – Установка угла поворота по лимбу на УДГ Н-100

После поворота на данный угол лимб закрепляется фиксатором, входящим в соответствующее отверстие лимба непосредственного деления.

При делении окружности заготовки на части расчёт производят по формуле (1), а в градусном выражении по формуле (2).

$$n = \frac{360^\circ}{\alpha^\circ} \quad (1), \quad \alpha^\circ = \frac{360^\circ}{n} \quad (2),$$

где n – число частей или граней на детали;
 α° – угол поворота шпинделя (лимба).

3.2 ПРОСТОЕ ДЕЛЕНИЕ

Деление окружности заготовки на равные или неравные части с помощью передаточного механизма универсальной делительной головки при неподвижном делительном диске называется простым делением.

Передача движения шпинделю 7 (рисунок 4) при простом делении производится от рукоятки 9 с фиксатором через вал 15, червяк $Z_{\text{ч}}$ и червячное колесо $Z_{\text{чк}}$. Делительный диск 8 в этом случае закреплён стопором 17. Величина поворота рукоятки отсчитывается по отверстиям на делительном диске и фиксируется стержнем фиксатора. Передаточное отношение червячной пары составляет 1:40. Отсюда следует, что за один оборот рукоятки 9 шпиндель вместе с обрабатываемой деталью повернется на 1/40 оборота. Следовательно, число оборотов рукоятки будет равно

$$n = \frac{40}{z}, \quad (3)$$

где n – число оборотов рукоятки;
 40 – характеристика данной делительной головки;
 z – число, на которое требуется разделить обрабатываемую заготовку.

Пример 1. Требуется фрезеровать 4 канавки. Определить число оборотов рукоятки.

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{4} = 10 .$$

Число 10 показывает, что после фрезерования каждой канавки рукоятку нужно повернуть на 10 полных оборотов.

Получение целых чисел оборотов рукоятки не вызывает затруднений, т. к. фиксатор рукоятки должен устанавливаться в одно и то же отверстие делительного диска после нужного количества целых оборотов на любом из рядов отверстий делительного диска.

Если при вычислении число оборотов рукоятки получится дробным, то необходимо подобрать окружность на делительном диске с таким числом отверстий, которое было бы равно знаменателю дроби или кратно ему.

Пример 2. Определить число оборотов рукоятки, если на заготовке шестерни требуется нарезать 33 зуба.

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{33} = 1 \frac{7}{33} .$$

На делительном диске имеется окружность с 33 отверстиями. Для нарезания такой шестерни надо установить рукоятку против ряда с 33 отверстиями и после фрезерования каждой впадины повернуть рукоятку на один полный оборот и 7 промежутков между отверстиями.

Пример 3. Требуется фрезеровать головку болта, имеющую 6 граней. Определить число оборотов рукоятки.

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{6} = 6\frac{2}{3}.$$

Число $6\frac{2}{3}$ показывает, что рукоятку-фиксатор нужно повернуть на 6 полных и $\frac{2}{3}$ оборота.

Для того, чтобы повернуть рукоятку на $\frac{2}{3}$ оборота, необходимо подобрать такую окружность на делительном диске, число отверстий которой было бы кратно трем, например: 21, 30 и 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 болта рукоятку нужно повернуть на 6 полных и 20 промежутков между отверстиями на окружности с числом отверстий 30.

Для случая с 21 и 54 отверстиями решение будет следующим

$$n = 6\frac{2}{3} \cdot \frac{7}{7} = 6\frac{14}{21}, \quad n = 6\frac{2}{3} \cdot \frac{18}{18} = 6\frac{36}{54}.$$

Для удобства отсчетов на делительном диске имеется раздвижной сектор (см. рисунок 3). После того, как определена делительная окружность и найдено число делений, на которое необходимо установить фиксатор, производится установка раздвижного сектора.

Отсчитывая число отверстий, заключенное между линейками раздвижного сектора, следует помнить, что оно должно быть на единицу больше, чем число, полученное при подсчете, т. е. равно числу промежутков между отверстиями. Сектор необходимо поворачивать сразу же после перестановки рукоятки с тем, чтобы он всегда находился в положении для следующего деления. Это гарантирует от возможных ошибок.

Подведя рукоятку к требуемому отверстию, следует снять фиксатор с предохранителя и лёгким постукиванием по рукоятке довести его до отверстия, в которое он войдет под действием пружины.

Если рукоятка переведена дальше требуемого отверстия, её отводят назад на четверть или пол-оборота и вновь доводят до соответствующего отверстия.

Рукоятку следует вращать всегда в одном направлении.

После окончания операции деления червячная пара должна быть застопорена.

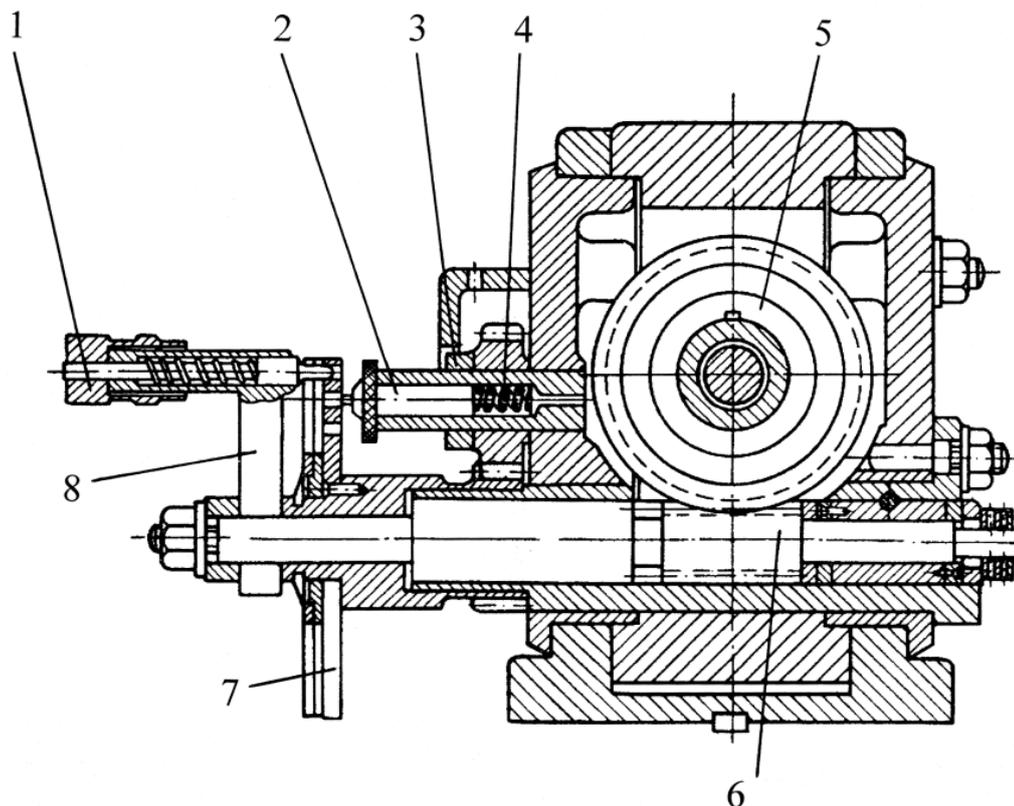
3.3 КОМБИНИРОВАННОЕ ДЕЛЕНИЕ

Сущность метода комбинированного деления состоит в том, что результат деления на некоторое число частей является суммой или разностью двух отсчётов, выполненных способом простого деления.

Для выполнения деления комбинированным способом в конструкциях ряда делительных головок предусмотрено специальное устройство (рисунок 6), состоящее из фиксатора 2, расположенного с обратной стороны делительного диска 7, корпуса фиксатора 3 и пружины 4.

Отсчёт производится поворотом рукоятки 8 с фиксатором 1 относительно неподвижного делительного диска 7 и затем поворотом делительного диска с зафиксированной рукояткой относительно неподвижного дополнительного фиксатора. В последнем случае вращение от диска 7 через рукоятку 8, валик червяка 6 и червячную шестерню 5 передаётся шпинделю. Червячная шестерня 5 закреплена на шпинделе неподвижно. Фиксатор выполнен эксцентрично относительно оси, что даёт возможность установить его по любому ряду отверстий делительного диска головки.

Этим методом деления пользуются в тех случаях, когда нужно разделить заготовку на простое число частей, не кратное числам отверстий окружностей делительных дисков головки, как, например, на 51, 57, 63, 77, 87 частей и т. д.



1 – фиксатор рукоятки; 2 – фиксатор; 3 – корпус фиксатор;
 4 – пружина; 5 – шестерня червячная; 6 – валик червяка;
 7 – делительный диск; 8 – рукоятка

Рисунок 6 – Конструкция УДГ с устройством для комбинированного деления

Для этого формулу при простом делении, имеющую вид дроби $n = \frac{40}{z}$, можно представить в виде суммы или разности двух дробей.

Пример 1. Требуется выполнить деление на 51 часть. Получим

$$n = \frac{40}{51} = \frac{34+6}{3 \cdot 17} = \frac{34}{3 \cdot 17} + \frac{6}{3 \cdot 17}$$

Окончательно получим $n = \frac{2}{3} + \frac{2}{17} = \frac{14}{21} + \frac{2}{17}$

В этом случае шпиндель делительной головки с укрепленной заготовкой поворачивают сперва при неподвижном делительном диске посредством рукоятки с фиксатором на 14 делений по ряду с числом отверстий 21. Потом делительный диск с закрепленной рукояткой поворачивают по дополнительному фиксатору на два деления по ряду с числом отверстий 17.

Пример 2. Разделить заготовку на $z = 87$. Получим

$$n = \frac{40}{87} = \frac{58 - 18}{3 \cdot 29} = \frac{2}{3} - \frac{6}{29} = \frac{14}{21} - \frac{6}{29}$$

В последнем случае знак «минус» показывает, что делительный диск следует вращать в направлении, обратном вращению рукоятки.

3.4 УНИВЕРСАЛЬНОЕ ДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ГУЦУЛА П.С.

Универсальный метод деления предложен ленинградским фрезеровщиком-новатором П. С. Гуцулом. Этот метод деления заготовок на простые числа, как, например, 61, 67, 73 и т. д., может быть применён при работе с делительными головками типа УДГ Н-135, Н-160 и Н-100, которые не имеют устройств для комбинированного деления.

Сущность этого метода заключается в том, что после обработки одного паза детали производится поворот последней, причём фрезеруется не рядом расположенный паз, а делается пропуск нескольких пазов. Число пропускаемых пазов (или делений) для каждой данной детали постоянно.

Преимущество способа состоит в том, что он позволяет производить деление на все простые числа, что особенно важно при нарезании винтовых и конических зубчатых колёс и других работах, когда дифференциальный метод деления нельзя использовать. Деление осуществляется при помощи одной передней рукоятки с фиксатором, как при простом делении. Недостаток его заключается в том, что он даёт некоторую погрешность.

В основу универсального метода деления положена формула

$$h = \frac{40}{z} C \cdot Z_1 \quad (4)$$

где h – число отверстий, на которое нужно повернуть рукоятку;

40 – характеристика головки;

Z – число делений на детали;

C – число отверстий выбранного ряда на делительном диске;

Z_1 – вспомогательное число, показывающее, сколько нужно пропустить делений (впадин) на детали

Пример. Требуется нарезать зубчатое колесо с $Z = 61$, $m = 2$ мм.
Принимаем $C = 39$ и $Z_1 = 7$. Получим

$$h = \frac{40}{Z} C \cdot Z_1 = \frac{40}{61} \cdot 39 \cdot 7 = 179,01639 \approx 179$$

или это соответствует числу оборотов

$$n = \frac{h}{C} = \frac{179}{39} = 4 \frac{23}{39}$$

Погрешность деления составит

$$\Delta = \frac{40}{61} - \frac{179}{39 \cdot 7} = 0,6557377 - 0,6556776 \approx 0,00006$$

Накопленная погрешность на детали равна

$$\delta = \frac{\Delta \cdot \pi \cdot d \cdot Z}{40} = \frac{0,00006 \cdot \pi \cdot 122 \cdot 61}{40}$$

отсюда $\delta = 0,0366$ мм, $d = m \cdot Z = 2 \cdot 61 = 122$

В таблице 1 приведены расчёты деления на ряд чисел по методу П. С. Гуцула.

Т а б л и ц а 1 – Число оборотов рукоятки при делении по методу П. С. Гуцула на лимбовых универсальных делительных головках

Число делений на детали	Число отверстий на делительном диске C	Число оборотов рукоятки $n = \frac{b}{a \cdot c}$	Количество пропускаемых отсчётов	Погрешность при диаметре окружности, равном 1 мм
51	49	$5^{24}/_{49}$	7	- 0,0002
61	47	$7^{10}/_{47}$	11	- 0,0002
63	25	$5^2/_{25}$	8	+ 0,0004
67	66	$2^{65}/_{66}$	5	- 0,00025
69	59	$2^{53}/_{59}$	5	- 0,0003
71	53	$3^{50}/_{53}$	7	- 0,0003
73	47	$2^{99}/_{47}$	4	- 0,0004
77	41	$5^8/_{41}$	10	+ 0,0002
79	39	$2^2/_{39}$	4	+ 0,00055
81	41	$1^{40}/_{41}$	4	+ 0,0005
83	46	$2^{41}/_{46}$	6	+ 0,0004
87	28	$3^{19}/_{28}$	8	+ 0,0004
89	47	$3^{28}/_{47}$	8	+ 0,0003
91	61	$1^{47}/_{62}$	4	+ 0,00035
93	34	$3^{15}/_{34}$	8	+ 0,0003

3.5 ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЕ ДЕЛЕНИЕ

Дифференциальный метод деления применяют в тех случаях, когда число, на которое требуется разделить обрабатываемую деталь, невозможно получить непосредственным, простым, комбинированным делениями.

Сущность этого метода заключается в том, что угол поворота шпинделя определяется величиной поворота рукоятки относительно делительного диска и величиной поворота диска, получающего вращение от шпинделя через сменные шестерни гитары.

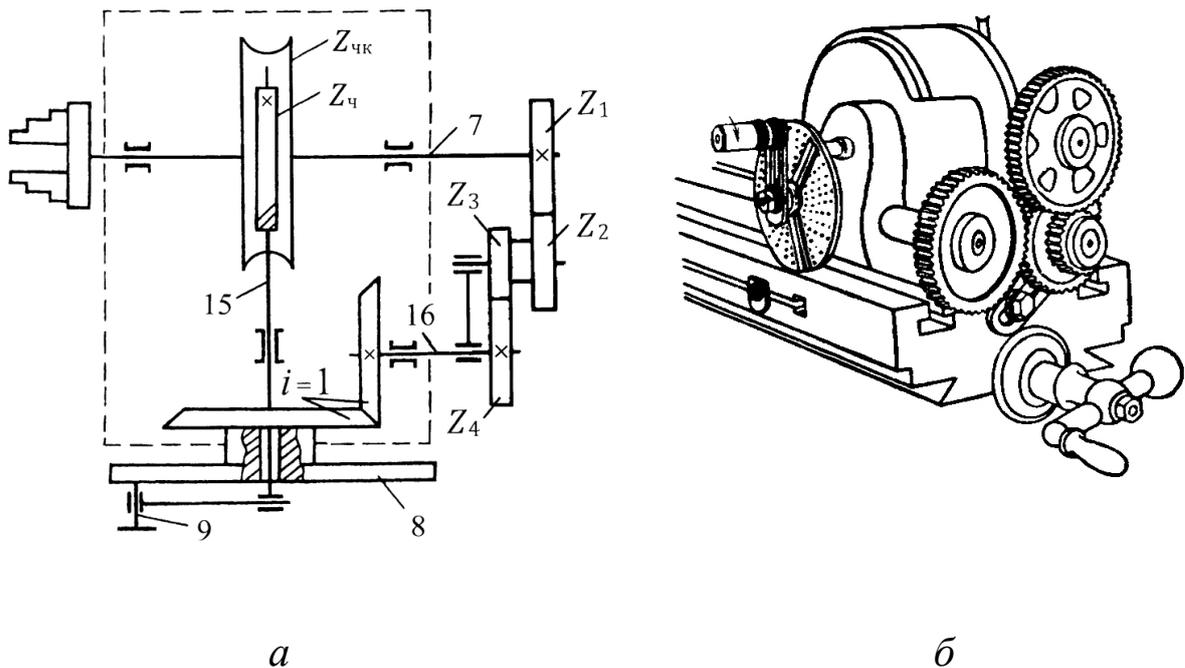
На рисунке 6 приведена кинематическая схема (а) и внешний вид (б) настройки делительной головки на дифференциальное деление.

Из кинематической схемы настройки дифференциального деления (рисунок 6 а) видно, что передача движения к шпинделю происходит, как и при простом делении, т. е. от рукоятки 9 через вал 15, червяк $Z_{\text{ч}}$, червячное колесо $Z_{\text{чк}}$ к шпинделю 7.

Одновременно вращение передаётся от шпинделя 7 через набор сменных шестерён Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 валу 16, коническим шестерням и делительному диску 8 (Z_1, Z_4 жёстко закреплены на валах 7 и 16).

При выполнении дифференциального деления стопор делительного диска должен быть выключен. Дифференциальное деление возможно только при горизонтальном положении шпинделя.

Так как требуемое число делений $Z_{\text{д}}$ нельзя получить простым способом, то при дифференциальном выбирается приближённое (фиктивное) число, близкое к требуемому числу $Z_{\text{д}}$, на которое можно разделить окружность способом простого деления ($Z_{\text{ф}}$ удобно брать кратным 5 или 10; чем меньше будет разница между $Z_{\text{д}}$ и $Z_{\text{ф}}$, тем точнее будет изготовлена деталь).



7 – шпиндель; 8 – делительный диск; 9 – рукоятка;
15, 16 – валы

Рисунок 6 – Кинематическая схема (а) и внешний вид (б) настройки делительной головки на дифференциальное деление

Количество оборотов рукоятки 9 при делении на Z_{ϕ} частей равно

$$n = \frac{40}{Z_{\phi}} . \quad (5)$$

Образовавшуюся ошибку при делении на Z_{ϕ} частей (вместо $Z_{д}$) исправляют тем, что делительный диск 8 вращают в ту или другую сторону.

Таким образом, при делении на Z_{ϕ} частей отсчёт рукоятки производят не по неподвижному диску, а по вращающемуся при помощи сменных шестерён, установленных на гитаре (количество шестерён – две или четыре).

Передаточное отношение сменных шестерён определяется по формуле

$$i = \frac{40(Z_{\phi} - Z_{д})}{Z_{\phi}}, \quad (6)$$

где 40 – характеристика данной делительной головки;
 Z_{ϕ} – приближённое (фиктивное) число делений;
 $Z_{д}$ – действительное число делений.

Из формулы (5) видно, что если взятое фиктивное число Z_{ϕ} больше искомого $Z_{д}$, то передаточное отношение i имеет *положительное* значение.

В этом случае делительный диск должен вращаться *в одну сторону* с рукояткой, при $Z_{\phi} < Z_{д}$ – в *противоположную* сторону (навстречу рукоятке). Изменение направления вращения делительного диска достигается введением промежуточной шестерни в гитарный механизм.

После определения значения передаточного числа подбор сменных шестерён производится по формуле

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4}, \quad (7)$$

где Z_1 – число зубьев сменной ведущей шестерни на шпинделе;
 Z_2 – число зубьев первой промежуточной ведомой шестерни;
 Z_3 – число зубьев второй промежуточной шестерни;
 Z_4 – число зубьев сменной шестерни на валу привода делительного диска.

Для настройки на дифференциальное деление универсальная делительная головка имеет комплект сменных шестерён (см. техническую характеристику).

Для обеспечения сцепляемости сменных шестерён необходимо выдержать следующие неравенства

$$Z_1 + Z_2 > Z_3 + 15; \quad Z_3 + Z_4 > Z_2 + 15. \quad (8)$$

Пример. Подобрать сменные шестерни и определить число оборотов рукоятки при нарезании шестерни с числом зубьев 109.

Принимаем $Z_{\Phi} = 110$, тогда

$$i = \frac{40(Z_{\Phi} - Z_{д})}{Z_{\Phi}} = \frac{40(110 - 109)}{110} = \frac{40}{110} = \frac{4}{11}.$$

По полученному передаточному числу подбираем сменные шестерни

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{4}{11} = \frac{4 \cdot 6}{6 \cdot 11} = \left(\frac{4 \cdot 10}{10 \cdot 6} \right) \left(\frac{6 \cdot 5}{11 \cdot 5} \right) = \frac{40}{60} \cdot \frac{30}{55},$$

$$Z_1 = 40; Z_2 = 60; Z_3 = 30; Z_4 = 55.$$

Полученную дробь $\frac{4}{11}$ преобразовали так, чтобы значения числителя и знаменателя соответствовали числу зубьев сменных шестерён.

Решение задачи – *не однозначно*.

Далее делаем проверку на сцепляемость сменных шестерён по неравенствам (8).

$$\begin{aligned} Z_1 + Z_2 &> Z_3 + 15, & Z_3 + Z_4 &> Z_2 + 15, \\ 40 + 60 &> 30 + 15, & 30 + 55 &> 60 + 15. \end{aligned}$$

Задача решена правильно.

После этого определяем число оборотов рукоятки

$$n = \frac{40}{Z_{\Phi}} = \frac{40}{110} = \frac{4}{11} = \frac{4 \cdot 3}{11 \cdot 3} = \frac{12}{33}.$$

4. ФРЕЗЕРОВАНИЕ ВИНТОВЫХ КАНАВОК

Фрезерование винтовых канавок применяется при изготовлении зубчатых колёс с винтовым зубом, свёрл, зенкеров, фрез и другого режущего инструмента только на универсально-фрезерных станках.

До ознакомления с вопросом фрезерования винтовых канавок следует изложить краткие сведения о винтовой линии.

Если точка A равномерно движется по образующей цилиндра (рисунок 7), а цилиндр равномерно вращается вокруг оси OO , то траектория или след, оставленный этой точкой на цилиндре, представляет кривую линию, которую называют винтовой линией.

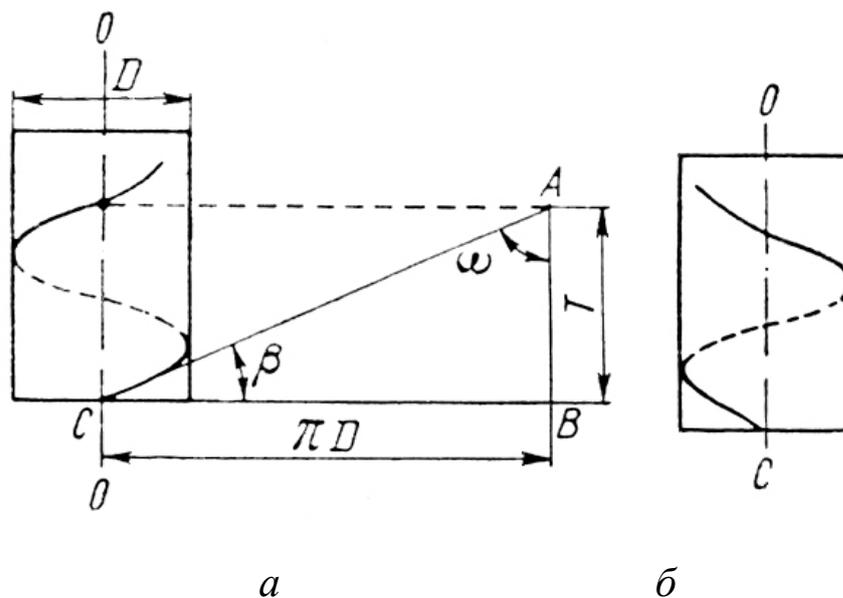


Рисунок 7 – Образование винтовой линии:

- a – правое направление винтовой линии;
- b – левое направление винтовой линии

Если цилиндрическую поверхность, ограниченную винтовой линией, развернуть, то винтовая линия превратится в гипотенузу AC треугольника ABC , где катет $AB = T$ – шагу винтовой линии, а катет $BC = \pi \cdot D$ – длине основания цилиндра.

Угол наклона винтовой линии ω определяется из треугольника ABC

$$tg\omega = \frac{BC}{AB} = \frac{\pi \cdot D}{T}, \quad (9)$$

где π – постоянное число, равное 3,14;

D – диаметр обрабатываемой заготовки, мм;

T – шаг винтовой канавки, мм.

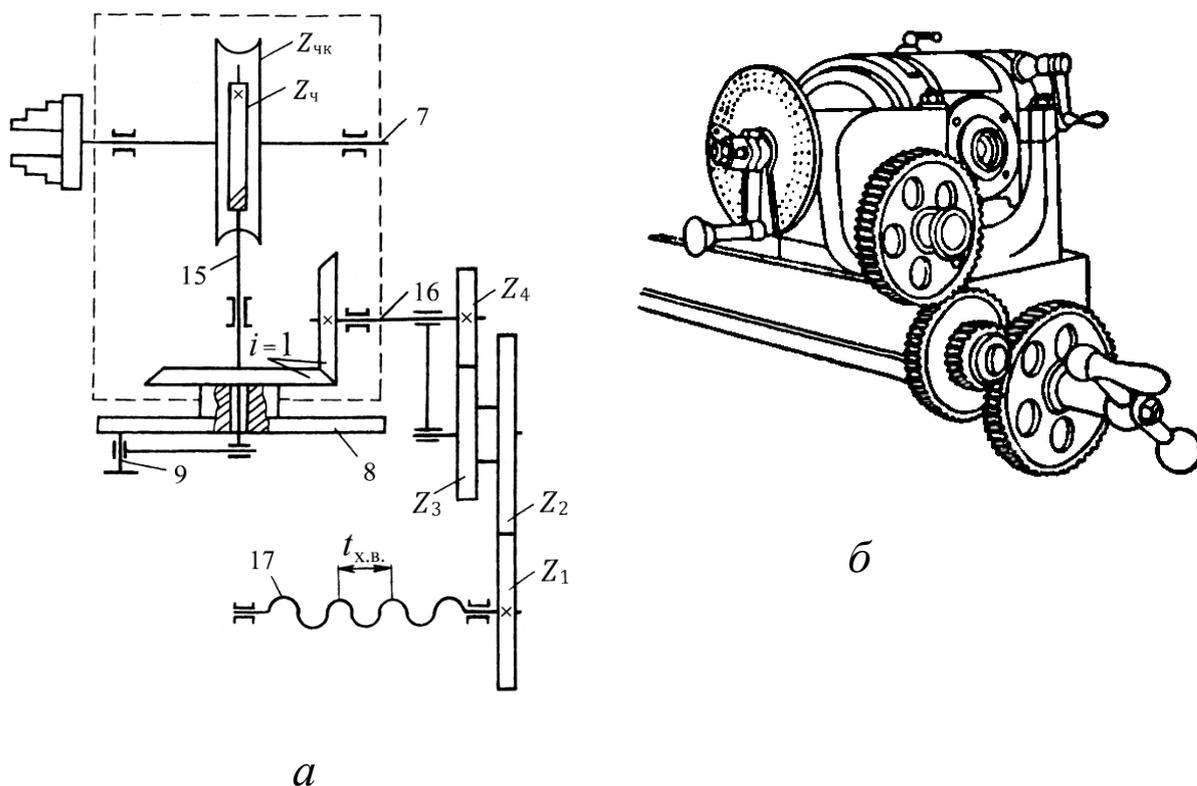
Угол подъёма винтовой линии $\beta = 90^\circ - \omega$. Винтовые линии имеют правое и левое направление, как и резьба винта.

Правильный профиль винтовых канавок можно получить только в том случае, если плоскость вращения фрезы совпадает с направлением винтовой канавки. Для этого стол станка с заготовкой (установленной между центрами делительной головки и задней бабки) поворачивают на угол, соответствующий углу наклона винтовой канавки β .

Для фрезерования винтовых канавок заготовке сообщается одновременно равномерное движение вдоль оси и вращательное вокруг оси.

Равномерное движение вдоль оси заготовка вместе со столом станка получает от винта продольной подачи, а вращательное – от шпинделя делительной головки, соединённого с винтом продольной подачи с помощью сменных шестерён.

На рисунке 8 приведена кинематическая схема (а) и внешний вид (б) настройки делительной головки при фрезеровании винтовых канавок. На кинематической схеме видно, как передаётся согласованное движение заготовки, обеспечивающее фрезерование винтовой канавки.



7 – шпиндель; 8 – делительный диск; 9 – рукоятка;
15, 16 – валы; 17 – винт продольной подачи

Рисунок 8 – Кинематическая схема (а) и внешний вид (б) настройки делительной головки при фрезеровании винтовых канавок

От винта продольной подачи 17 станка с шагом равным $t_{x.в.}$, через сменные шестерни Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , вал 16 и конические шестерни ($i = 1$), вращение передаётся делительному диску 8 через рукоятку 9, т. к. она соединена с ним фиксатором. От рукоятки – валу 15, червячной паре $Z_ч \rightarrow Z_чк$ и шпинделю 7.

Делительный диск при этом должен быть освобождён от стопора.

Подбор сменных шестерён производится по формуле

$$i = \frac{40 \cdot t_{\text{х.в.}}}{T} = \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4}, \quad (10)$$

где i – передаточное отношение сменных шестерён;
40 – характеристика данной делительной головки;
 $t_{\text{х.в.}}$ – шаг винта продольной подачи, мм;
 T – шаг фрезеруемой винтовой канавки, мм;
 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 – сменные шестерни.

Пример. Требуется нарезать цилиндрическую шестерню с винтовым зубом: $Z = 30$; $T = 450$ мм; $t_{\text{х.в.}} = 6$ мм

Определяем передаточное отношение сменных шестерён

$$i = \frac{40 \cdot t_{\text{х.в.}}}{T} = \frac{40 \cdot 6}{450} = \frac{240}{450} = \frac{8}{15}.$$

и подбираем сменные шестерни

$$i = \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{Z_3}{Z_4} = \frac{8}{15} = \frac{4 \cdot 2}{5 \cdot 3} = \left(\frac{4 \cdot 10}{5 \cdot 10} \right) \left(\frac{2 \cdot 30}{3 \cdot 30} \right) = \frac{40}{50} \cdot \frac{60}{90},$$

$$Z_1 = 40; \quad Z_2 = 50; \quad Z_3 = 60; \quad Z_4 = 90.$$

Делаем проверку на сцепляемость сменных шестерён:

$$\begin{aligned} Z_1 + Z_2 &> Z_3 + 15, & Z_3 + Z_4 &> Z_2 + 15, \\ 40 + 50 &> 60 + 15, & 60 + 90 &> 50 + 15. \end{aligned}$$

Задача решена правильно.

Окружность делительного диска и количество отверстий на ней для деления на один зуб рассчитывают по формуле простого деления

$$n = \frac{40}{z} = \frac{40}{30} = 1 \frac{1}{3} = 1 \frac{7}{21}.$$

Число оборотов рукоятки равно одному полному обороту и 7 промежуткам на окружности с 21 отверстием.

При настройке делительной головки для нарезания данного числа винтовых канавок или зубьев следует помнить, что методом дифференциального деления настройку произвести невозможно, т. к. нельзя одновременно установить две гитары.

Если число делений нельзя получить простым делением, то пользуются способом комбинированного деления или применяют широкодиапазонное делительное устройство.

5. ФРЕЗЕРОВАНИЕ КУЛАЧКОВ

При отсутствии специального оборудования на вертикально - фрезерных станках с помощью универсально-делительных головок производится фрезерование кулачков, которые имеют профиль архимедовой спирали. Кулачки, имеющие профиль архимедовой спирали, применяют на токарных и револьверных автоматах, на станках для затылования червячных и других фрез.

На рисунке 9 показано построение архимедовой спирали. Окружность разделена радиусами на равные секторы; проведены двенадцать концентрических окружностей, расстояния между которыми разделены на равные промежутки. Соединяя точки пересечения соответствующих окружности и радиуса, получаем кривую линию, называемую *архимедовой спиралью*.

Из построения видно, что прямая (радиус), соединяющая любую точку кривой с центром, изменяется на постоянную величину h , которая уменьшается или увеличивается при повороте радиуса на постоянный угол

$$r_2 - r_1 = r_3 - r_2 = \dots = r_{12} - r_{11} = h \quad (11)$$

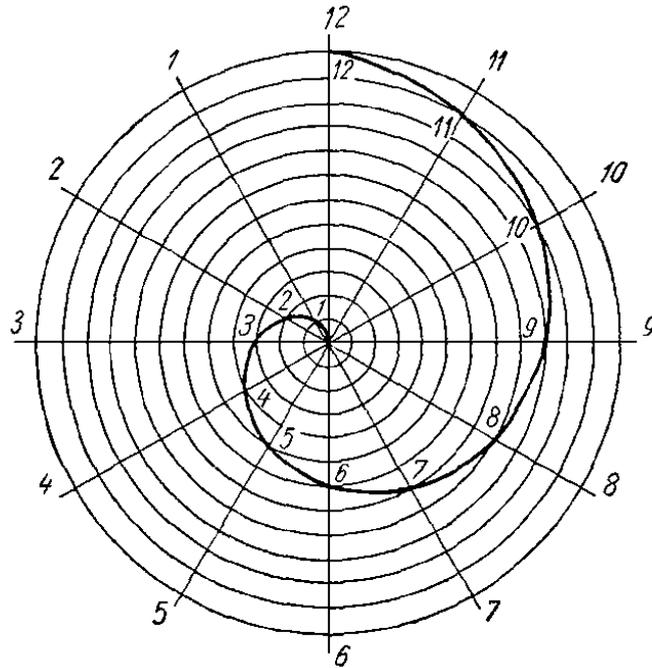


Рисунок 9 – Построение архимедовой спирали

Разность между радиусами определяет величину подъёма кривой при повороте на заданный угол. Величина подъёма архимедовой спирали за полный оборот (т. е. 360°) называется шагом H спирали

$$r_{12} - r_{11} = H \quad (12)$$

Таким образом,

$$\frac{H}{h} = \frac{360^\circ}{\alpha} \quad (13)$$

Зная величину подъёма спирали на участке, ограниченном углом α , можно найти шаг спирали

$$H = \frac{360^\circ}{\alpha} \cdot h \quad (14)$$

Фрезерование кулачков с профилем архимедовой спирали производится при вертикальном положении шпинделя делительной головки концевыми фрезами, причем стол с делительной головкой получает равномерное про-

дольное движение при одновременном равномерном вращении шпинделя с заготовкой. Вращение шпинделю передаётся через гитару и сменные шестерни от ходового винта.

Кинематическая цепь, связывающая станок с делительной головкой, обеспечивает передачу сложного движения детали, в результате чего режущий инструмент (фреза) воспроизводит на детали кривую.

Расчётная формула настройки делительной головки определяется из условия кинематического баланса, т. е. одному полному обороту шпинделя должно соответствовать перемещение стола станка, равное шагу архимедовой спирали H .

При этом движение от ходового винта станка через сменные шестерни гитары Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 , и коническую пару передаётся на делительный диск, связанный с рукояткой и червячную пару $Z_q \rightarrow Z_{чк}$ к шпинделю делительной головки.

Это можно записать как уравнение баланса

$$\frac{1}{t_{x.в.}} \cdot i \cdot \frac{Z_q}{Z_{чк}} = \frac{1}{H} \quad (15)$$

Для УДГ модели Н-100

$$\frac{1}{t_{x.в.}} \cdot i \cdot \frac{1}{40} = \frac{1}{H} \quad (16)$$

Формула для определения шага спирали имеет вид

$$H = \frac{t_{x.в.} \cdot N}{i} \quad (17)$$

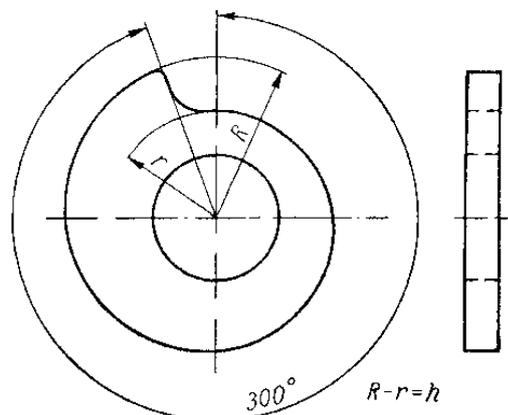
где i – передаточное отношение сменных шестерён;
 N – характеристика данной делительной головки;
 $t_{x.в.}$ – шаг винта продольной подачи, мм

отсюда

$$i = \frac{t_{x.в.} \cdot N}{H} \quad \text{или} \quad \frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{t_{x.в.} \cdot N}{360^\circ \cdot h} \times \alpha \quad (18)$$

Пример. Величина подъёма кулачка $h = 70$ мм (рисунок 10) на участке $\alpha = 300^\circ$. Рассчитать настройку сменных шестерён при $t_{x.B} = 6$ мм и $N = 40$.

Рисунок 10 – Кулачок



Получим

$$\frac{Z_1 \cdot Z_3}{Z_2 \cdot Z_4} = \frac{t_{x.B} \cdot N}{360^\circ \cdot h} \times \alpha = \frac{6 \cdot 40}{360^\circ \cdot 70} \times 300 = \frac{100}{35}$$

Сменные шестерни $Z_1 = 100$ и $Z_4 = 35$.

Шаг спирали кулачка $H = 60$. Рассчитать сменные шестерни при $t_{x.B} = 6$ мм и $N = 40$

$$i = \frac{t_{x.B} \cdot N}{H} = \frac{6 \cdot 40}{60} = \frac{80 \cdot 60}{40 \cdot 30}$$

Значит, необходимо установить следующие сменные шестерни: $Z_1 = 80$; $Z_2 = 40$; $Z_3 = 60$; $Z_4 = 30$.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Материаловедение. Технология конструкционных материалов /В. Ф. Карпенков [и др.]. – М. : КолосС, 2006. – Кн.2. – 312 с.
- 2 Материаловедение / Б. Н. Арзамасов [и др.]; под ред. Б. Н. Арзамасова, Г. Г. Мухина. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – 646 с.
- 3 Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов / В. А. Оськин [и др.]; под ред. В. А. Оськина, В. Н. Байкаловой. – М. : КолосС, 2007. – 318 с.

Приложение А

Индивидуальные задания

№ 1	№ 2
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=32$; $Z_2=35$; $Z_3=41$; $Z_4=87$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=99$; $Z_2=48$; $Z_3=35$; $Z_4=66$
№ 3	№ 4
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=89$; $Z_2=50$; $Z_3=20$; $Z_4=43$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=38$; $Z_2=65$; $Z_3=98$; $Z_4=73$
№ 5	№ 6
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=83$; $Z_2=46$; $Z_3=35$; $Z_4=65$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=44$; $Z_2=91$; $Z_3=95$; $Z_4=38$
№ 7	№ 8
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=82$; $Z_2=54$; $Z_3=81$; $Z_4=14$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=63$; $Z_2=60$; $Z_3=38$; $Z_4=73$
№ 9	№ 10
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=31$; $Z_2=55$; $Z_3=32$; $Z_4=93$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=80$; $Z_2=41$; $Z_3=51$; $Z_4=63$
№ 11	№ 12
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=34$; $Z_2=30$; $Z_3=45$; $Z_4=69$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=32$; $Z_2=35$; $Z_3=41$; $Z_4=83$
№ 13	№ 14
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=82$; $Z_2=54$; $Z_3=81$; $Z_4=14$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=63$; $Z_2=60$; $Z_3=38$; $Z_4=73$
№ 15	№ 16
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=32$; $Z_2=35$; $Z_3=41$; $Z_4=87$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=89$; $Z_2=63$; $Z_3=38$; $Z_4=40$
№ 17	№ 18
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=89$; $Z_2=50$; $Z_3=20$; $Z_4=43$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=80$; $Z_2=41$; $Z_3=51$; $Z_4=63$
№ 19	№ 20
1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=44$; $Z_2=90$; $Z_3=95$; $Z_4=38$	1 Нарезать зубчатые колёса с числом зубьев: $Z_1=63$; $Z_2=60$; $Z_3=38$; $Z_4=73$

СОДЕРЖАНИЕ

ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

1. Назначение и классификация делительных головок	4
2. Конструкция и кинематическая схема универсальной делительной головки УДГ Н-100	6
3. Методы деления	10
3.1 Непосредственное деление	11
3.2 Простое деление	12
3.3 Комбинированное деление	15
3.4 Универсальное деление методом Гуцула П.С.	17
3.5 Дифференциальное деление	19
4. Фрезерование винтовых канавок	23
5. Фрезерование кулачков	27
Литература	31
Приложение А. Индивидуальные задания	32

Учебное издание

**Агафонов Сергей Викторович
Беломестных Владимир Афанасьевич**

**МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ
КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

ДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ГОЛОВКИ

Учебно-методическое пособие

Лицензия на издательскую деятельность
ЛР №070444 от 11.03.98 г.
Подписано в печать XX.XX.XX. Формат 60x84/16
Усл. печ. л. 2,0 Тираж 50

Издательство Иркутского государственного аграрного университета
имени А.А. Ежевского
664038, Иркутская обл., Иркутский р-н, пос. Молодежный