

Цель работы: изучить назначение, кинематику и настройку универсальной делительной головки УДГ Д-200.

Оборудование, материалы и инструменты. Универсальная делительная головка УДГ Д-200; набор сменных зубчатых колес; дисковая фреза; заготовка стальная $D = 40-150$ мм; штангенциркуль.

Общие сведения

Лимбовая делительная головка является приспособлением, предназначенным для: периодического поворота обрабатываемой заготовки на равные или неравные части окружности, а также на заданный угол; непрерывного вращения заготовки при фрезеровании винтовых канавок.

Делительную головку используют в единичном производстве для изготовления зубчатых колес, кулачков, шлицевых валов, сверл, зенкеров, разверток, фрез и других деталей. Обработку деталей производят в центрах, в патроне или на шпиндельной оправке.

Техническая характеристика делительной головки модели УДГ Д-200

Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм 200

Угол поворота шпинделя в вертикальной плоскости: вниз от линии центров не менее 5° вверх от линии центров не менее 95°

Конус шпинделя Морзе №4

Передаточное отношение червячной пары 1:40 Число отверстий делительного лимба: на одной стороне 16, 17, 19, 21, 23, 29, 30, 31

на другой стороне 33, 37, 39, 41, 43, 47, 49, 54

Цена деления шкалы любого лимба 15°

Число зубьев сменных шестерен 25, 25, 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100 Модуль сменных шестерен, мм 1,5

Устройство и кинематика делительной головки

Делительная головка (рис.1) состоит из корпуса 1, в котором смонтирован поворотный барабан 2 со шпинделем 3. Барабан позволяет установить шпиндель под углом к горизонтальной плоскости при обработке конических зубчатых колес, конических разверток и других деталей. Передний конец шпинделя имеет наружную резьбу для навинчивания кулачкового патрона 4 или поводка. На шпинделе жестко установлены также лобовой лимб и червячное колесо 6. В кулачковом патроне закреплена оправка 7 с обрабатываемой заготовкой 8. Свободный конец оправки поддерживается центром 9 задней бабки.

Лобовой лимб предназначен для непосредственного деления окружности заготовки на части. На его цилиндрической поверхности имеется шкала. Цена деления шкалы соответствует повороту шпинделя на 15° , т.е. окружность лимба разделена на 24 равные части. Соответственно на торцевой поверхности лимба имеется 24 отверстия, расположенных по окружности. При введении в одно из этих отверстий штифта фиксатора Ф обеспечивается фиксация положения лимба относительно корпуса головки.

Червячное колесо 6 находится в зацеплении с червяком 10, вал которого соединен с рукояткой 11. Червячная передача позволяет передавать вращение от рукоятки к

шпинделю и заготовке. Головка имеет устройство, с помощью которого можно вывести из зацепления червяк с червячным колесом. Вал червяка свободно проходит через отверстия в делительном лимбе 12 и коническим зубчатым колесе 13 и непосредственно с ними не связан.

Делительный лимб 12 служит для отсчета числа оборотов рукоятки. Это диск, на обеих сторонах которого по концентрическим окружностям различного диаметра просверлены глухие отверстия. На кал-сдой окружности имеется определенное количество отверстий, указанное в технической характеристике головки.

Рукоятка 11 снабжена фиксатором Φ_2 , штифт которого может быть введен в любое отверстие лимба.

Для удобства отсчета числа оборотов рукоятки к делительному лимбу прикреплен сектор 16, линейки которого раздвигаются на требуемый угол. При делении окружности заготовки на части вращение рукоятки может производиться относительно как неподвижного, так и подвижного лимбов. В первом случае лимб стопорится фиксатором Φ_3 , а во втором — получает вращение от шпинделя через гитару сменных зубчатых колес 14 и два конических зубчатых

колеса 15, 13. Зубчатое колесо 13 жестко соединено с лимбом 12.

Настройка делительной головки. Способы деления окружности заготовки на части

Рассматриваемая делительная головка позволяет делить окружность заготовки на части тремя способами: непосредственным, простым и дифференциальным.

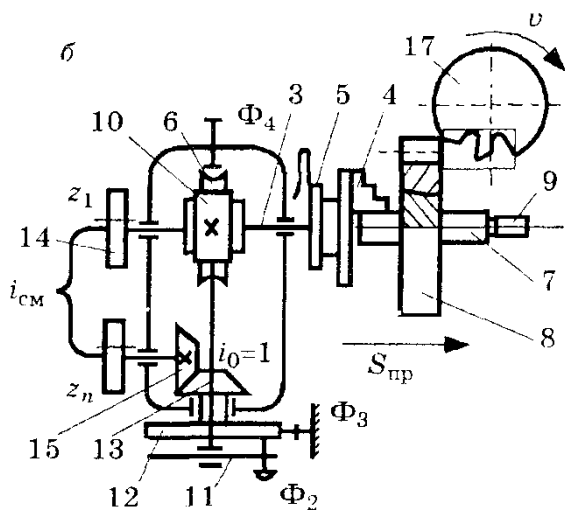
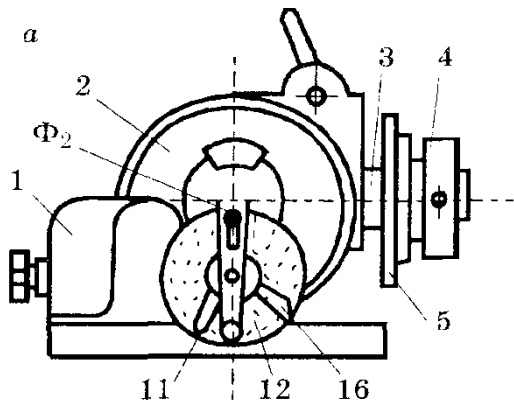


Рис.1. Общий вид (а) и кинематическая схема (б) делительной головки

Непосредственное деление применяют в тех случаях, когда число делений на лобовом лимбе (24) кратно заданному z : 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24. Червяк 10 выводят из зацепления с

червячным колесом 6. Лобовой лимб 5, а вместе с ним шпиндель 3 и заготовку 8 перед каждым очередным проходом фрезы 17 поворачивают от руки на 24/г делений и стопорят фиксаторами Ф₁, Ф₄. Отсчет делений лимба производят по метке "0" на корпусе головки. Этот способ прост и удобен, однако возможности его весьма ограничены.

При простом делении шпиндель 3 получает вращение от рукоятки 11 при включенной червячной передаче 10, 6. Делительный лимб 12 закрепляют относительно корпуса головки неподвижно фиксатором Фз.

Настройка головки сводится к определению числа оборотов рукоятки n_p , соответствующего $1/z$ оборота шпинделя. Это число оборотов находят из уравнения кинематического баланса цепи "рукоятка-шпиндель": $P, \Pi n_p \rightarrow 1/z$

$$n_p = \frac{z_1}{z_{ч.к.}} = \frac{1}{z}, \text{ откуда } n_p = \frac{z_{ч.к.}}{z_1} = \frac{1}{z},$$

$Z_{ч.к.}$ — число зубьев червячного колеса, z_1 — число заходов червяка.

Отношение $Z_{ч.к.}/z_1$ называют характеристикой делительной головки и обозначают буквой N . Характеристика показывает, какое число оборотов необходимо сообщить рукоятке для поворота шпинделя на один оборот. У рассматриваемой делительной головки $z_{ч.к.} = 40, z_1 = 1$. Поэтому $N = Z_{ч.к.}/z_1 = 40/1 = 40$. Таким образом $n_p = N/z = 40/z$. Полученное выражение представляют в виде целого числа оборотов рукоятки (A) и остатка — части оборота (a/b). Числитель и знаменатель правильной несократимой дроби (a/b) умножают на такой коэффициент m , чтобы bm было равно числу отверстий на одной из окружностей лимба. Тогда am будет равно числу промежутков между отверстиями (деления) на этой окружности, соответствующему части оборота рукоятки: $n_p = 40/2 = A + am/bm$.

Линейки сектора 16 разводят так, чтобы между ними было установлено am промежутков.

Пример. Определить число оборотов рукоятки n_p при характеристике $N = 40$ для нарезания зубьев фрезы $z = 12$.

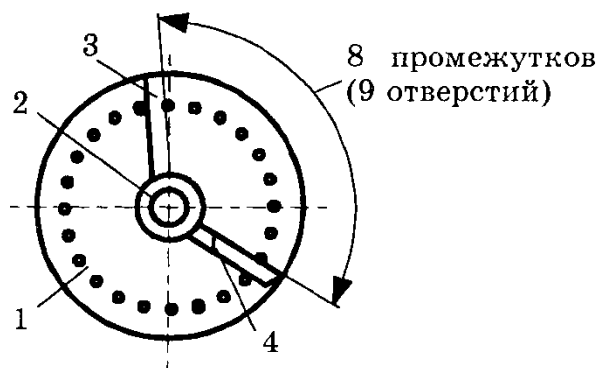


Рис.2. Отсчет числа оборотов рукоятки по делительному при простом делении

Решение. Число оборотов рукоятки, необходимое для поворота заготовки на $1/12$ оборота, определяем, как $n_p = 40/12 = 3 + 1 \cdot 8/3 \cdot 8 = 3 + 8/24$. Следовательно, рукоятку необходимо периодически поворачивать на 3 полных оборота и дополнительно, по окружности лимба с 24 отверстиями — на 8 промежутков.

Для этого фиксатор рукоятки устанавливаем на окружность лимба 1 (рис.2) с числом отверстий 24. К штифту фиксатора подводим линейку 3, а сектор 2 разводим так,

чтобы между линейками 3 и 4 было 8 промежутков (9 отверстий). После поворота рукоятки вводим штифт фиксатора в отверстие у линейки 4. Для последующего деления сектор 2 поворачиваем в направлении вращения часовой стрелки до соприкосновения линейки 3 со штифтом фиксатора.

Недостатком простого деления является то, что этот способ не позволяет делить окружность заготовки на все простые числа. Исключение составляют те из них, которые равны числу отверстий на одной из окружностей делительного лимба.

Дифференциальное деление позволяет делить окружность заготовки на любое число частей до 400, а в некоторых случаях — и свыше 400. При этом используются червячная передача 10,6 (см. рис.1, б), делительный лимб 12 и гитара сменных зубчатых колес.

Дифференциальное деление применяется также и тогда, когда нельзя воспользоваться непосредственным или простым делением.

Пусть задано простое число 2, на которое необходимо разделить окружность заготовки. Для поворота заготовки (шпинделя) на $1/2$ оборота рукоятке необходимо сообщить $n_p = N/z$ оборотов (рис.3). Однако отсчитать это число оборотов, применяя способ простого деления нельзя, так как ни на одной из окружностей лимба нет числа отверстий, равного z .

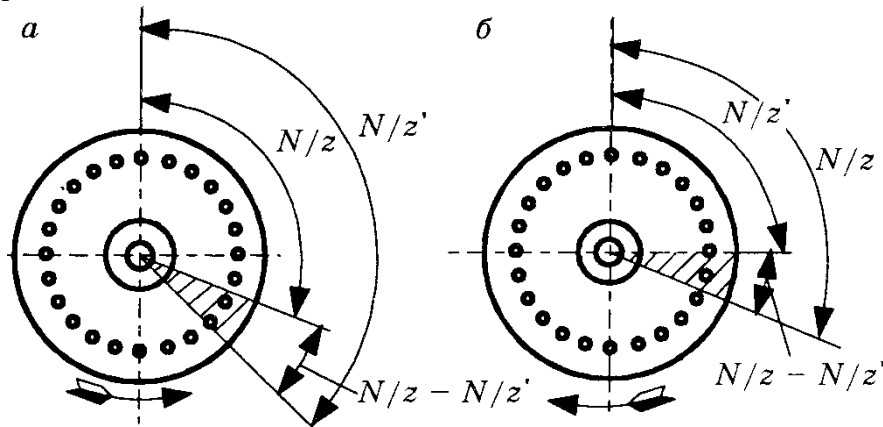


Рис.3. Отсчет числа оборотов рукоятки по делительному при дифференциальном делении
 Зададимся числом z' , близким по величине к z , но позволяющим произвести указанную операцию (z' может быть больше или меньше z). Этому числу соответствует $n'_p = N/z'$.

Разность между n_p и n'_p составляет ошибку (заштрихованный сектор), которая устраняется поворотом лимба в направлении, указанном стрелкой, на $N/z - N/z'$ оборота. Таким образом, отсчитывая относительно подвижного лимба n'_p

оборотов рукоятки, мы повернем ее относительно корпуса головки на n_p оборотов. Поворот лимба осуществляется от рукоятки 11 (см. рис.1) через червячную передачу 10,6, шпиндель 3, сменные зубчатые колеса гитары 14 и конические зубчатые колеса 15, 13.

Величина поворота лимба обеспечивается настройкой гитары по передаточному отношению сменных зубчатых колес $i_{см}$.

Для определения $i_{см}$ запишем уравнение баланса кинематической цепи "шпиндель-делительный лимб":

$$n_{шп.} \cdot i_{см} = n_{д.л.},$$

где $n_{шп.}$ — число оборотов шпинделя; $z_{см}$ — передаточное отношение сменных зубчатых колес гитары; $z_{д.л.}$ — число оборотов лимба.

Учитывая то, что шпиндель должен повернуться на $1/\Gamma$, а делительный лимб — на $N/z - N/z'$ оборота, получим

$$1/2 i_{см} = N/z - N/z'$$

Отсюда

$$i_{см} = N \frac{z' - z}{z'} = \frac{z_1}{z_2} \dots \frac{z_{n-1}}{z_n},$$

где z_1, z_2, \dots, z_n — числа зубьев сменных зубчатых колес гитары.

Подбор зубчатых колес гитары осуществляют по $i_{см}$, применяя известные способы) и условию их сцепляемости:

$$\begin{cases} z_1 + z_2 \geq z_3 + 15 \dots 20, \\ z_3 + z_4 \geq z_2 + 15 \dots 20, \\ z_{n-1} + z_n \geq z_{n-2} + 15 \dots 20. \end{cases}$$

При этом используют набор зубчатых колес, который придается головке (см. техническую характеристику).

Если принятое число делений $z' > z$, то передаточное отношение $t_{см}$ имеет положительное значение. В этом случае лимбу сообщают вращение в одном направлении с рукояткой, так как на заготовке должны получаться деления более крупные по сравнению с делениями, соответствующими числу z' .

Если, $z' < z$, то $i_{см}$ имеет отрицательное значение и лимбу сообщают вращение в направлении, противоположном вращению рукоятки. В обоих случаях, если после установки зубчатых колес на гитаре, при повороте рукоятки лимб вращается не в требуемом направлении, устанавливают промежуточное зубчатое колесо.

Пример. Требуется изготовить зубчатое колесо с числом зубьев 2 — 111 при $N = 40$.

Решение. Так как 111 есть простое число, а на лимбе отсутствует окружность с таким числом отверстий, то следует применить способ дифференциального деления.

Принимаем $z' = 110$. Определяем число оборотов рукоятки, применяя способ простого деления:

$$n'_p = \frac{N}{z'} = \frac{40}{110} = \frac{4}{11} \cdot \frac{3}{3} = \frac{12}{33}.$$

Передаточное отношение сменных зубчатых колес гитары будет равно:

$$i_{см} = N \frac{z' - z}{z'} = \frac{z_1}{z_2} \dots = 40 - \frac{110 - 111}{110} = -\frac{40}{110} = -\frac{40}{110} = -\frac{40}{55} \cdot \frac{35}{70}.$$

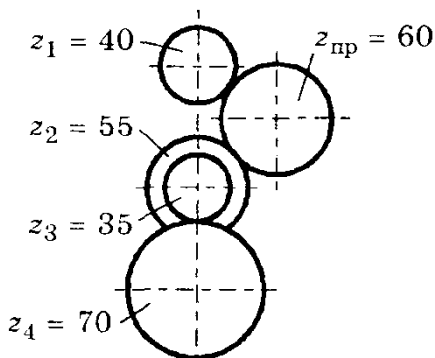


Рис.4. Зубчатые колеса гитары

Таким образом, на гитару устанавливаем зубчатые колеса с числом зубьев $z_1 = 40$; $z_2 = 55$; $z_3 = 35$; $z_4 = 70$. Знак минус указывает на то, что

лимбу должно быть сообщено вращение в направлении, противоположном направлению вращения рукоятки. В данном случае это условие выполняется включением в кинематическую цепь гитары дополнительного зубчатого колеса, например, с числом зубьев $z_{пр} = 60$ (рис.4).

Передаточное отношение остается без изменения:

$$i_{см} = \frac{z_1}{z_{пр}} \cdot \frac{z_{пр}}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_4} = \frac{40}{60} \cdot \frac{60}{55} \cdot \frac{35}{70}$$

Проверяем решение на условие сцепляемости:

$$z_{пр} + z_2 \geq z_3 + 15 \dots 20; 60 + 55 > 35 + 20;$$

$$z_3 + z_4 \geq z_2 + 15 \dots 20; 35 + 70 > 55 + 20.$$

Условие сцепляемости выполняется.

Настроив гитару, осуществляем фрезерование зубьев на заготовке, периодически поворачивая рукоятку на 12 делений по окружности лимба с 33 отверстиями.

Деление окружности заготовки в градусном выражении Угол поворота заготовки 5 может быть задан в градусном выражении. В этом случае определяют число делений на окружности заготовки:

$$Z = 360^\circ / \delta,$$

а затем — число оборотов рукоятки:

$$n_p = \frac{N}{z} = \frac{40\delta}{360^\circ} = \frac{\delta}{9^\circ}.$$

Пример. Настроить делительную головку с характеристикой $N = 40$ для поворота заготовки на угол $\delta = 218^\circ 30'$. Определить число оборотов рукоятки.

Решение. По формуле, приведенной выше:

$$n_p = \frac{\delta}{9^\circ} = \frac{218^\circ 30'}{9^\circ} = \frac{218 \cdot 60 + 30}{9 \cdot 60} = \frac{13110}{540} = 24 + \frac{15}{54}.$$

таким образом, рукоятке необходимо сообщить **24** оорота и дополнительно повернуть ее на 15 промежутков по окружности с 54 отверстиями.

Фрезерование винтовых канавок

При нарезании винтовой канавки заготовка 1 (рис.5.) получает два движения: вращательное $S_{кр}$ и поступательное вдоль оси $S_{пр}$. Оба движения согласованы так, что за время перемещения стола станка (заготовки) в продольном направлении на шаг фрезеруемой канавки заготовка делает один оборот. Вращательное движение заготовке 1

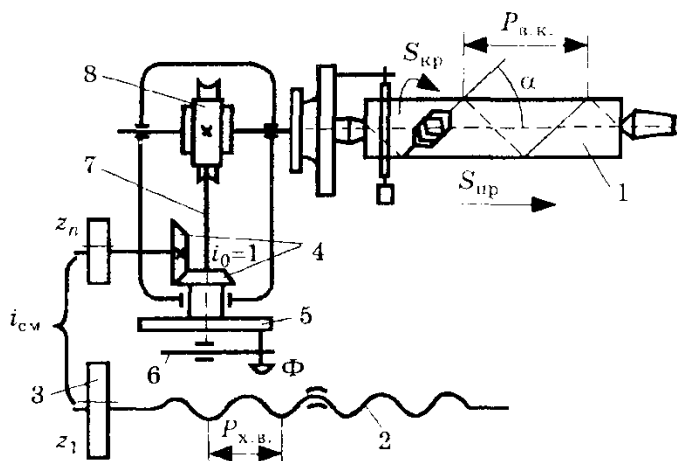


Рис.5. Кинематическая схема головки при фрезеровании винтовых канавок

сообщается от ходового винта 2 через сменные зубчатые колеса гитары 3, конические колеса 4, делительный лимб 5 с установленным в его отверстии фиксатором Ф, рукоятку 6 с валом 7 и червячную передачу 8. Настройка делительной головки сводится к подбору зубчатых колес гитары по их передаточному отношению $i_{см}$. Для определения $i_{см}$ запишем уравнение кинематического баланса кинематической цепи "ходовой винт — шпиндель (заготовка)". Учитывая то, что заготовка должна повернуться на один оборот, получим:

$$\frac{P_{в.к.}}{P_{х.в.}} \cdot i_{см} \cdot i_0 \cdot \frac{z_1}{z_{ч.к.}} = 1,$$

где $P_{в.к.}$ — шаг нарезаемой винтовой канавки, мм; $P_{х.в.}$ — шаг ходового винта продольной подачи стола, мм; i_0 — передаточное отношение конической зубчатой передачи.

Отсюда

$$i_{см} = \frac{P_{х.в.} \cdot z_{ч.к.}}{i_0 \cdot P_{в.к.} \cdot z},$$

так как

$$i_0 = 1, z_{ч.к.}/z_1 = N,$$

то

$$i_{см} = N \frac{P_{х.в.}}{P_{в.к.}} = \frac{z_1}{z_2} \dots \frac{z_{n-1}}{z_n},$$

где z_1, z_2, \dots — числа зубьев зубчатых колес гитары.

Требуемый профиль винтовой канавки можно получить только в том случае, если плоскость вращения дисковой фрезы 1 (рис.6) совпадает с направлением винтовой канавки 2. Для этого стол фрезерного станка 3 необходимо повернуть в горизонтальной плоскости на угол β к оси фрезы. Он равен углу наклона винтовой канавки α , который определяют, используя развертку витка (рис.7): $\operatorname{tg} \alpha = \pi d / P_{в.к.}$

Отсюда $\alpha = \operatorname{arctg} \pi d / P_{в.к.}$

где d — диаметр заготовки, мм.

Пример. Настроить делительную головку для нарезания винтовой канавки с шагом $P_{в.к.} = 960$ мм на заготовке, диаметр которой $d = 100$ мм.

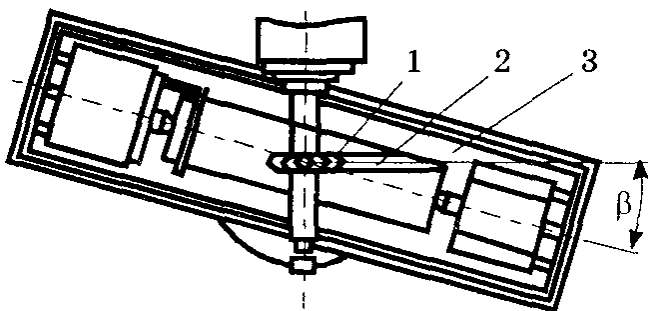


Рис.6. Поворот стола станка при фрезеровании винтовой канавки

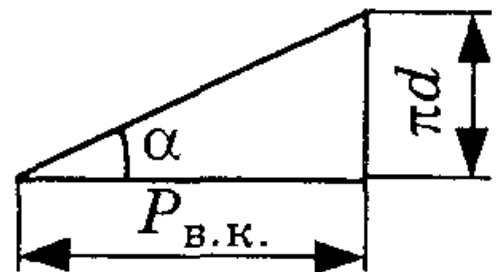


Рис.7. Развертка винтовой линии

Характеристика головки $N = 40$. Шаг ходового винта продольной подачи стола станка $P_{х.в.} = 6$ мм.

Решение. Определяем передаточное отношение сменных колес гитары:

$$i_{см} = N \frac{P_{х.в.}}{P_{в.к.}} = \frac{z_1}{z_2} \dots = \frac{40 \cdot 6}{960} = \frac{4 \cdot 3}{6 \cdot 8} = \frac{40}{60} \cdot \frac{30}{80}$$

Проверяем решение на условие сцепляемости:

$$z_1 + z_2 \geq z_3 + 15 \dots 20; \quad 40 + 60 > 30 + 20;$$
$$z_3 + z_4 \geq z_2 + 15 \dots 20; \quad 30 + 80 > 60 + 20.$$

Условие сцепляемости выполняется.

Если знаменатель дроби представляет собой простое число и его нельзя разложить на простые сомножители, то расчет может быть выполнен только с некоторой погрешностью.

Угол поворота стола (β определяется из условия равенства его углу наклона винтовой канавки α , который определяется из выражения

$$\beta = \alpha = \operatorname{arctg} \frac{3,14 \cdot 100}{960} \approx 18^\circ 18'.$$

Следовательно угол поворота стола (заготовки) к оси фрезы составляет $18^\circ 18'$. При фрезеровании нескольких винтовых канавок на заготовке поворот ее на требуемый угол после нарезания каждой канавки производят делительной головкой.

По данным расчета одного из студентов учебный мастер демонстрирует настройку головки для деления окружности заготовки на части непосредственным, простым и дифференциальным способами, а также путем фрезерования винтовой канавки.