

## **О РАЦИОНАЛЬНОМ РАЗМЕЩЕНИИ НОЖЕЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ФРЕЗЫ**

**Семинар № 21**

**С**опротивления, действующие на фрезу, формируются из сопротивлений действующих на отдельные ножи фрезы.

Отдельный нож фрезы контактирует с фрезеруемым материалом только на части полного оборота ножа относительно оси фрезы – в пределах угла контакта  $\varphi_0$  (рис. 1). Эта периодичность контакта – очевидная причина колебания сопротивлений, действующих на отдельный нож. Величина угла контакта, в основном, определяется соотношением диаметра фрезы  $D$  и глубины фрезерования  $H$ . Поэтому возможность уменьшения колебаний сопротивлений действующих на нож путем увеличения угла контакта практически отсутствует.

Плоскость, в которой вращается нож – плоскость резания. В плоскости резания может быть несколько ножей. При любом количестве ножей в плоскости резания угол между ними принимается одинаковым - только в этом случае форма и размеры всех срезаемых стружек будут одинаковыми. Соответственно угол между смежными ножами в плоскости резания

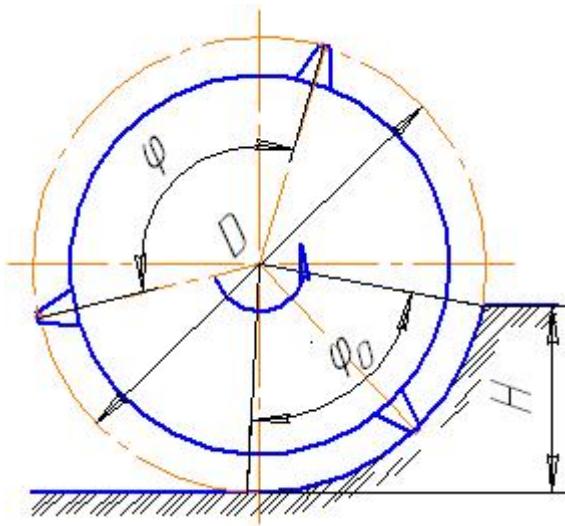
$$\varphi = \frac{2\pi}{Z_0}, \quad (1)$$

где  $Z_0$  – количество ножей в плоскости резания.

Если угол между смежными ножами в плоскости резания меньше угла контакта, то в любой момент времени какой-то нож плоскости резания обя-

зательно находится в контакте с фрезеруемым материалом и, следовательно, сопротивления, действующие в плоскости резания, уже не будут падать до нуля. Очевидно, что по мере увеличения количества ножей в плоскости резания колебания сопротивлений должны уменьшаться. Однако количество ножей в плоскости резания назначается с учетом траектории ножа, принимая во внимание, прежде всего, форму и размеры срезаемой стружки, а также желаемую форму поверхности материала получающуюся после фрезерования. Следовательно, возможность уменьшения колебаний сопротивлений путем увеличения количества ножей в плоскости резания практически тоже не велика.

Таким образом, фактически единственным возможным способом уменьшения колебаний сопротивлений действующих на фрезу является правильное взаимное смещение ножей смежных (соседних) плоскостей резания, т.е. плоскостей резания. Плоскости резания должны быть взаимно смещены таким образом, чтобы все ножи фрезы в боковой проекции фрезы располагались равномерно по окружности. При таком расположении ножи вступают в контакт с материалом и выходят из контакта друг за другом с равными интервалами во времени на протяжении всего оборота, работа по фрезерованию выполняется равномерно на протяжении всего оборота.



**Рис. 1. Схема расположения ножей в плоскости резания**

жами и имеет 15 плоскостей резания. В каждой плоскости резания один нож.

В соответствии с формулой (3) каждая плоскость резания оказывается разбитой на 15 интервалов в 1/15 окружности. Общее количество ножей невелико и их расположение легко обозримо на развертке цилиндра огибающего фрезу по режущим кромкам ножей (рис. 2).

При решении задачи рационального расположения ножей на поверхности фрезы нужно прежде всего определить все минимальные значения целых чисел  $N_i$ , для которых  $N_{\text{пл}}$  является кратным числом. После этого для каждого  $N_i$  нужно определить все кратные для него числа  $N_{iy}$ . Для фрезы МТФ-12А при  $N_{\text{ин}} = 15$  имеем  $N_1 = 3$ ,  $N_2 = 5$  и, соответственно,  $N_{11} = 6$ ,  $N_{12} = 9$ ,  $N_{13} = 12$ ,  $N_{21} = 10$ .

При смещении соседних плоскостей резания на любое  $N_i$ , или  $N_{iy}$  количество интервалов по  $\Delta\phi$ , ножи оказываются расположенным не лучшим образом: не равномерно по окружности в боковой проекции фрезы, а рядами по образующим цилиндра, огибающего фрезу по режущим кромкам ножей (см. рис. 2, в, д, ж, з, и, к). Количество рядов для каждого  $N_i$  и  $N_{iy}$  можно вычислить по формуле

$$N_{pi} = \frac{Z_0 N_{in}}{N_i}, \quad (4)$$

При смещении соседних плоскостей резания на любое количество  $N$

та и, следовательно, с минимальными значениями сопротивлений. Угол между соседними ножами в боковой проекции фрезы в этом случае равен:

$$\Delta\phi = \frac{2\pi}{Z_0 N_{in}}, \quad (2)$$

где  $Z_0$  – количество ножей в плоскости резания;  $N_{\text{пл}}$  – количество плоскостей резания на фрезе.

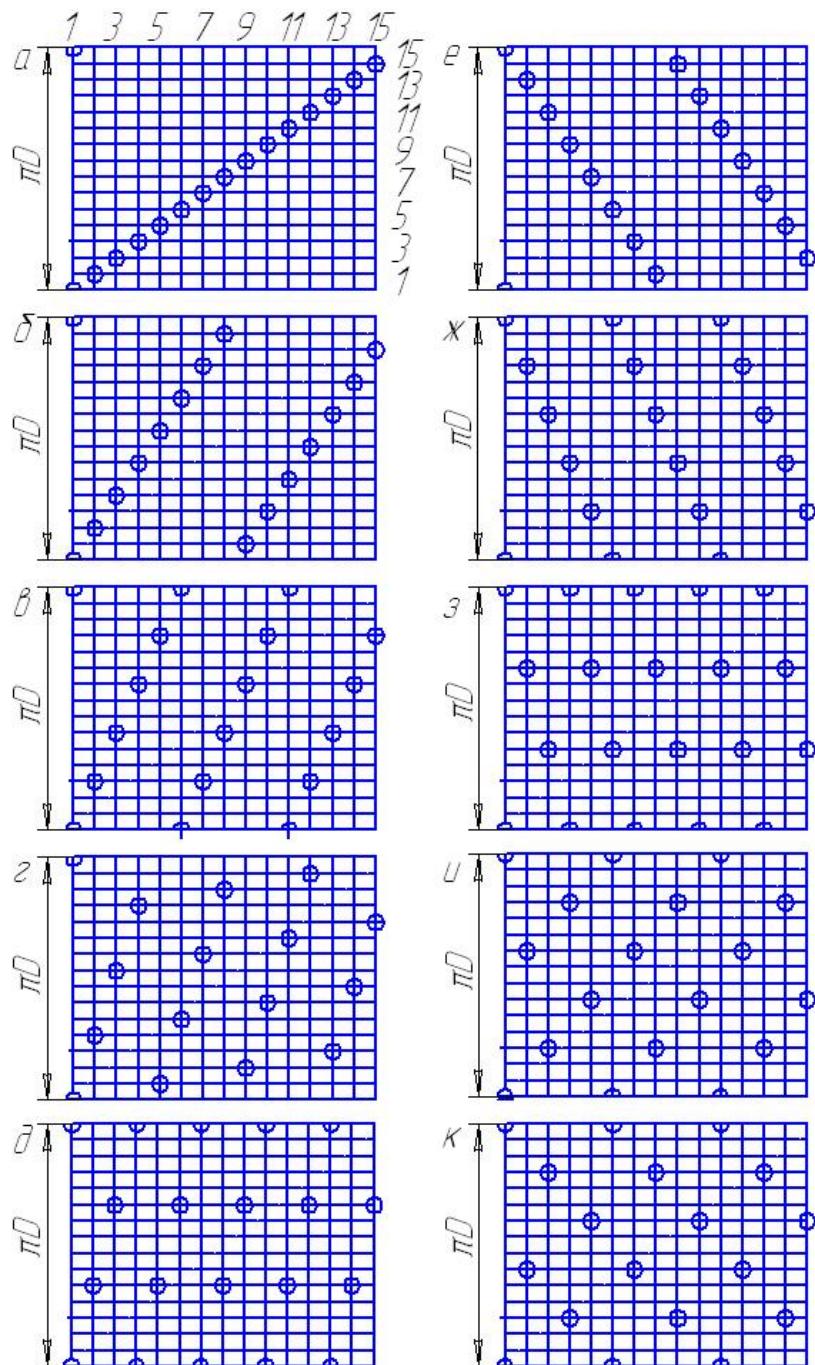
При этом, количество интервалов по  $\Delta\phi$ , на которое разбивается угол между смежными ножами одной плоскости резания,

$$N_{\text{ин}} = N_{\text{пл}}. \quad (3)$$

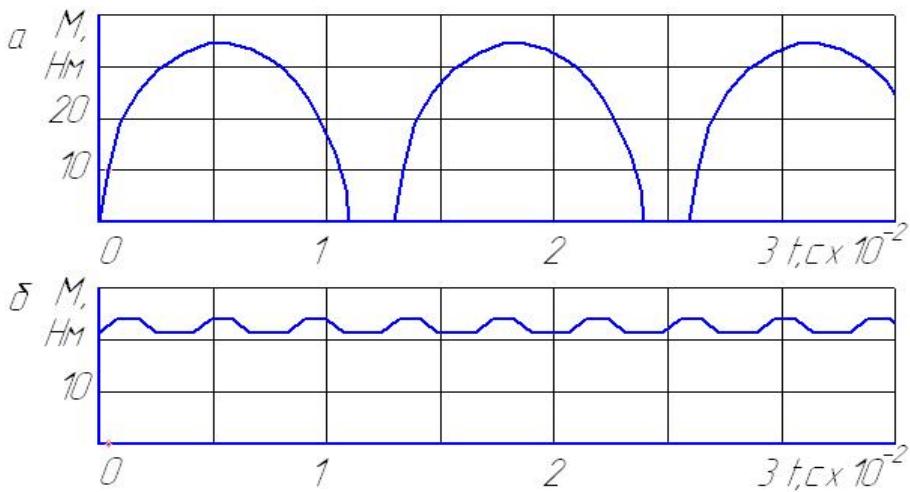
Самый простой вариант реализации правила равномерного расположения всех ножей фрезы в боковой проекции – сдвиг каждой следующей плоскости резания по отношению к предыдущей на один интервал в  $\Delta\phi$ , определяемый по формуле (2). Но этот вариант не единственный.

Рассмотрим общие правила расположения ножей на фрезе, используя для иллюстрации возможные варианты расположения ножей на средней фрезе фрезера МТФ-12А. Фреза МТФ-12А оснащена чашечными но-

интервалов по  $\Delta\varphi$  (в пределах от 1 до  $N_{ин} - 1$ ) отличное от  $N_i$  и  $N_{iy}$  все ножи оказываются расположенными по поверхности фрезы во всех случаях по



**Рис. 2. Варианты расстановки ножей на фрезе МТФ-12А при различном количестве интервалов в 1/15 окружности между соседними плоскостями резания: а – 1; б – 2; в – 3; г – 4; д – 5; е – 13; ж – 12; з – 10; и – 9; к – 6**



**Рис. 3. Изменение во времени момента сопротивления вращению на фрезе МТФ-12А при различных схемах установки ножей:** а – при используемой схеме; б – при рекомендуемой схеме

разному, но наилучшим образом – равномерно по окружности в боковой проекции фрезы (см. рис. 2, а, б, г, е).

Обозначим количество интервалов превышающее величину  $N_{ин}/2$  через  $N_6$ . Оказывается, что расположение ножей по поверхности фрезы при  $N = N_6$  является зеркальным отражением расположения ножей при  $N = N_{ин} - N_6$  (ср. рис. 2, б и рис. 2, е).

Ни в одном из существующих торфяных фрезеров ножи не располагаются в соответствии с правилом их равномерного расположения по окружности в боковой проекции фрезы. Например, в существующей конструкции фрезы МТФ-12А ножи расположены пятью рядами по образующим (см. рис. 2, в). Между тем, располагая ножи в соответствии с прави-

лом их равномерного расположения по окружности в боковой проекции фрезы, в некоторых случаях можно существенно снизить пульсацию сопротивлений, действующих на фрезу. Расчеты, выполненные с использованием компьютерной программы силового расчёта, показали, что при рекомендуемом расположении ножей сопротивления действующие на фрезу МТФ-12А практически постоянны – коэффициент вариации момента сопротивления вращению фрезы составляет всего 7 % (рис. 3, б), в то время как при существующем расположении ножей сопротивления имеют ярко выраженный пульсирующий характер – коэффициент вариации момента сопротивления вращению составляет 59 % (см. рис. 3, а). **Из**

### Коротко об авторе

Синицын В.Ф. – доктор технических наук, профессор, Тверской государственный технический университет.

Доклад рекомендован к опубликованию семинаром № 21 симпозиума «Неделя горняка-2007». Рецензент д-р техн. наук, проф. Л.И. Кантович.

