

УДК 663.8:615.322

И. Б. Ефремов, М. Р. Вахитов, Ю. А. Хакимова,  
А. В. Толмачева, Б. А. Ефремов

# НЕПРЕРЫВНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ РЕЗАНИЕМ ПУЧКОВ ЭФИРОМАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ ЛИКЕРОВОДОЧНОГО И ФАРМАЦЕВТИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВ

*Ключевые слова:* резка, стебли трав, математическая модель, расчет, оборудование.

*Представлена математическая модель процесса резания стеблей травяного растительного сырья. Полученные рациональные параметры могут быть использованы при проведении проекторочных расчетов резательного оборудования.*

*Keywords:* cutting, stem vegetable, mathematical model, account, equipment.

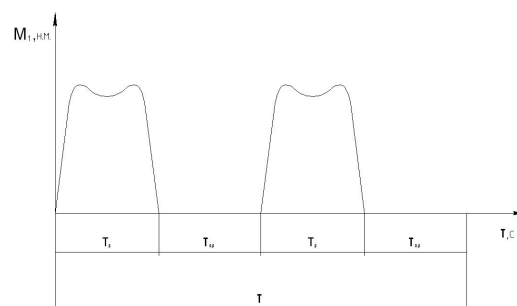
*A mathematical model of the process of cutting the stems of grass plant materials. Rational parameters obtained can be used for carrying out calculations of designing cutting equipment.*

Резка, как одна из стадий формирования готового или промежуточного продукта, присутствует в производствах кормов, в процессах гидролиза соломы [1], а также при подготовке трав к экстракции эфиромасличного сырья в фармацевтическом и ликероводочном производствах [2, 3].

На этой стадии находят большое применение резательные устройства с ножами совершающими движение по окружности, в плоскости перпендикулярной направлению подачи разрезаемого материала, в легкой промышленности, например, хорошо себя зарекомендовала щипальная машина для получения кнопов «Мацусита» японской фирмы «Мацусита сейки КО. ЛТД», которая может быть использована для резки шнуровых материалов и пучков стеблей небольших диаметров.

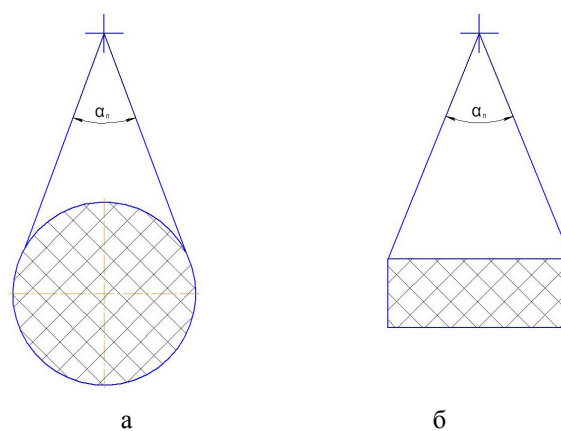
Резательные устройства с упомянутой организацией движения ножей и разрезаемого материала существуют и в других отраслях промышленности. Анализ работы таких резательных устройств показывает, что при непрерывной их работе в целом, процесс резки на этих устройствах происходит периодически, то есть периоды резания чередуются с периодами холостого хода резательного механизма. На рис. 1, в качестве иллюстрации, представлен график, характеризующий зависимость усилия резания  $M$  на ножевом диске резательного механизма от времени  $t$  за период  $T$  - одного оборота ножевого блока на устройстве для резки шнуров с двумя ножами и одним пучком разрезаемого материала.

Из графика видно, что период резки составляет только  $2\tau_p/T$  - часть всего времени работы, а остальное время работы устройства резание не производится. Такой же характер работы наблюдается и у других аналогичных резательных устройств. Нами проведено исследование, которое позволило определить расположение ножей и пучков разрезаемого материала таким образом, чтобы резательное устройство производило резку в течении всего периода работы без холостых ходов. Решение этого вопроса тесно связано с снижением удельных энергозатрат [4].



**Рис. 1 - Зависимость нагрузки на ножевом диске резательного механизма от времени за один оборот ножевого диска.  $\tau_p$  - время резки;  $\tau_{op}$  - время холостого хода**

Рассмотрим резательное устройство с  $n$  ножами и  $m$  пучками разрезаемого материала. Определим угловую ширину  $\alpha_n$  разрезаемого пучка как минимально необходимый угол, на который должен повернуться ножевой диск, чтобы какой-либо из ножей разрезал пучок материала.



**Рис. 2 - Угловая ширина  $\alpha_n$  при радиальном расположении ножей: а – круглый шнур (пучок), б – материал прямоугольного сечения (лента, пластина, пучок)**

На рис. 2 показаны величины угловой ширины круглого и прямоугольного пучков при ради-

который обеспечивает смягчение режима работы режущего механизма.

При расположении пучков с перекрытием, необходимо из системы уравнений, определяющей взаимное расположение пучков, и аналогичной системы для ножей исключить - последовательное расположение: в первом случае пучков, а во втором - ножей. Тогда эта система уравнений, определяющих взаимное расположение пучков будет иметь вид.

$$\left\{ \begin{array}{ll} j_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{n} + \alpha_n, & j_2 \{0, 1, 2, \dots, (n-1)\} \\ j_{l-3} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{n} + 2 \cdot \alpha_n, & j_3 \{0, 1, 2, \dots, (n-1)\} \\ \vdots & \vdots \\ j_{l-(m-1)} = j_{m-1} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{n} + (m-2) \cdot \alpha_n, & j_{m-1} \{0, 1, 2, \dots, (n-1)\} \\ j_{l-m} = j_m \cdot \frac{2 \cdot \pi}{n} + (m-1) \cdot \alpha_n, & j_m \{0, 1, 2, \dots, (n-1)\} \\ |\gamma_{l-k} - \gamma_{l-l}| \geq \alpha_e, & \{k, l\} \quad \{1, 2, \dots, m\} \\ \gamma_{l-1} = 0 & \end{array} \right. \quad (8)$$

А расположение ножей описывается следующим образом

$$\begin{aligned} \bar{\delta}_{1-2} &= i_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{m} - \alpha_n, & i_2\{0,1,2,\dots,(m-1)\} \\ \bar{\delta}_{1-3} &= i_3 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{m} - 2 \cdot \alpha_n, & i_3\{0,1,2,\dots,(m-1)\} \\ &\vdots & \\ \bar{\delta}_{1-(n-1)} &= i_{n-1} \cdot \frac{2 \cdot \pi}{m} - (n-2) \cdot \alpha_n, & i_{n-1}\{0,1,2,\dots,(m-1)\} \\ \bar{\delta}_{1-n} &= i_n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{m} - (n-1) \cdot \alpha_n, & i_n\{0,1,2,\dots,(m-1)\} \\ |\bar{\delta}_{1-k} - \bar{\delta}_{1-l}| &\geq \alpha_e, & \{k,l\} \quad \{1,2,\dots,n\} \\ \bar{\delta}_{1-1} &= 0 \end{aligned} \tag{9}$$

Для промышленного аппарата непрерывной резки с прямоугольными пучками  $m=2$  и как минимум тремя ножами  $n=3$ , расположенными равномерно по окружности ножевого диска. Угловая ширина пучка из (5):

$$\alpha_n = \frac{2 \cdot \pi}{n \cdot m} = \frac{\pi}{3},$$

$$\alpha_e = \alpha_n + \beta = \frac{\pi}{3} + \beta,$$

Пусть  $0 < \beta < \frac{\pi}{3}$ .

Система уравнений для данного случая запишется в виде

$$\left[ \begin{array}{l} \gamma_{1-2} = j_2 \cdot \frac{2 \cdot \pi}{n} + \frac{\pi}{3}, \quad j_2 \in \{0,1\} \end{array} \right.$$

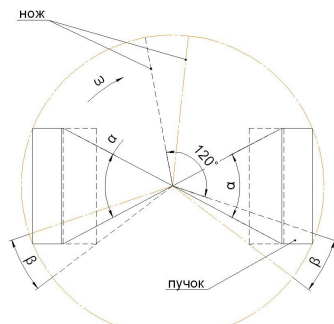
$$\left\{ \begin{array}{l} \gamma_{1-1} = 0 \\ |\gamma_{1-2} - \gamma_{1-1}| \geq \frac{\pi}{3} + \beta \end{array} \right.$$

Из решения системы уравнений расположения имеем:

$$\gamma_{1-2} = \pi.$$

На рис. 3 показано расположение ножей и разрезаемых пучков трав. Расположение ножей показано в различные моменты времени.

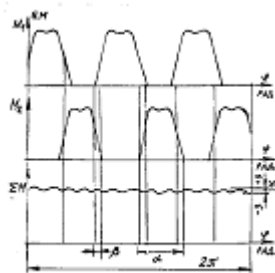
В положении ножей  $\Phi_1$  происходит резка левого горизонтального пучка, в положении  $\Phi_2$  заканчивается резка левого пучка и начинается резка правого пучка, в положении ножей  $\Phi_3$  происходит резка правого пучка.



**Рис. 3 - Схема непрерывной резки на станке с тремя ножами и двумя пучками.**

--- – положение пучков при угле перекрытия  $\beta$

График зависимости нагрузки на ножевой диск резательного механизма представлен на рис. 4.



**Рис. 4 - Зависимость динамической нагрузки от угла поворота ножей.  $M_1$ ,  $M_2$  – Моменты на валу двигателя при резке левого и правого пучков.  $\Sigma M$  – Момент суммарный**

Проведенные измерения колебаний нагрузки при резке свидетельствует о том, что их величина не превышает  $\pm 1\%$  от номинального значения. В результате непрерывности процесса резки возросла производительность участка подготовки сырья и экстрагирования в 2 раза.

1. Предложен метод организации непрерывной резки материалов (пучков или шнуров) [5].

2. Определена угловая ширина разрезаемого пучка, при которой резка происходит непрерывно.

3. Показано, что при непрерывной резке угол между ножами и пучками кратен угловой ширине пучка.

4. Выведены системы уравнений, определяющие взаимное расположение пучков и ножей в случаях расположения пучков с перекрытием и без перекрытия.

## Литература

1. В.Н. Шекуров, Б.И. Таренко, М.М. Шекурова, *Вестн. Казанского технологического ун-та*, 16, 19, 161-167 (2011)
2. И.Б. Ефремов, В.Ф. Шарафутдинов, Б.А. Ефремов, А.Н. Николаев, А.В. Шарафутдинова, М.Р. Вахитов, *Вестн. Казанского технологического ун-та*, 16, 11, 220-221 (2013)
3. А.И. Ковалевская. *Рецептуры ликероводочных изделий*, Легкая и пищевая промышленность, Москва, 1981, 351 с.
4. Ав. свид. СССР 1.320.023 (1987)
5. В.Н. Иванец, Н.Г. Чертилин, *ХИПС*, 2, 61-62 (2005).