



УДК 676.15.051.44

**ИССЛЕДОВАНИЕ РИСУНКОВ ГАРНИТУРЫ
НОЖЕВЫХ РАЗМАЛЫВАЮЩИХ МАШИН
С УДАРНЫМ ЭФФЕКТОМ**

© *В.И. Ковалев, канд. техн. наук, доц.*

В.А. Кожухов, ст. преп.

Ю.Д. Алашкевич, д-р техн. наук, проф.

Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82, г. Красноярск,
Россия, 660049

E-mail: mарт@sibstu.kts.ru

При размоле волокнистых полуфабрикатов в ножевых машинах ударный контакт по длине режущих кромок ножей вращающегося ротора и неподвижного статора через сжатый слой нависших на них волокнистых наслоек характеризуется более сильными рубящим и режущим воздействиями на массу при минимальной энергоёмкости. В статье исследуются известные (с прямоугольной формой ножей) и авторское (с радиальной формой) исполнения.

Исследование включает:

рассмотрение общих и характерных особенностей исполнений, а также особенностей силового воздействия при одновременном контакте режущих кромок; геометрическое построение рисунков данных исполнений; проверку данных исполнений на одновременность контакта режущих кромок ножей по всей их длине.

Общими являются геометрические и динамические особенности, а также особенность, заключающаяся в том, что векторы окружных скоростей и усилий в точках режущих кромок единичных ножей ротора нормальны по отношению к радиусам, проведенным из центра диска в эти точки, т.е. перпендикулярны.

Характерными являются геометрические и динамические особенности рассматриваемых исполнений.

Проверка ножей на одновременность контакта по всей длине их режущих кромок произведена по времени прохождения их разно удаленными точками окружных дуг, ограниченных контактирующими между собой образующими единичных прямоугольных и радиальных ножей. Результаты проверки показали, что для (известной) прямоугольной формы ножей время прохождения окружных дуг разно удаленными точками режущих кромок не одинаково при не одинаковости углов поворота этих точек, за счет чего и контакт по длине режущих кромок не одновременный, для авторской (радиальной) формы ножей – одинаково при равенстве углов поворота этих точек, за счет чего и контакт по длине режущих кромок одновременный.

Выводы по результатам проведенных исследований :

при прямоугольной форме размалывающей поверхности ножей одновременный контакт по длине их режущих кромок невозможен;

при трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей контакт по длине режущих кромок ротора одновременный;

при трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей создаются предпосылки для ударного воздействия на волокна;

представленная информация достаточно обоснована с помощью доказательной математической базы;

увеличение доли фибриллирующего эффекта по мере притупления (закругления) режущих кромок ножей представляет интерес для последующего исследования.

Ключевые слова: одновременный и радиальный контакт, кромка, резание, удар.

Известно, что при размоле волокнистых полуфабрикатов в ножевых машинах ударный контакт по длине режущих кромок ножей вращающегося ротора и неподвижного статора через сжатый слой нависших на них волокнистых наслоек характеризуется более сильным, чем при других исполнениях, рубящим и режущим воздействиями на массу при минимальной энергоёмкости [4, 5]. В данной статье представлены результаты исследования ножей различной формы исполнения, которые могут обеспечить такой эффект.

Исследование включает:

рассмотрение общих и характерных особенностей исполнений, а также особенностей силового воздействия при одновременном контакте режущих кромок по всей их длине;

проверку данных исполнений на одновременность контакта режущих кромок ножей по всей их длине.

Общие и характерные особенности рассматриваемых исполнений

Общие особенности

Геометрические:

ножи равномерно распределены на размалывающей поверхности диска;

оси симметрии размалывающих поверхностей ножей проходят через центр диска (т. е. не образуют с ним эксцентриситет).

Кроме того, ножевые поверхности дисков ротора и статора сопряжены через межножевой зазор, который в процессе работы заполняется спрессованной волокнистой массой; сцентрированы и образуют кольцевую размалывающую полость, включающую межножевые зазор и канавки для транспортирования обрабатываемой волокнистой суспензии от входа к выходу (под действием давления и центробежной силы).

Динамические:

окружные скорости в точках режущих кромок единичных ножей равномерно увеличиваются от минимальных до максимальных;

окружные усилия в точках режущих кромок единичных ножей равномерно уменьшаются от максимальных до минимальных;

удельные давления на размалывающих ножевых поверхностях единичных ножей равномерно уменьшаются от максимальных до минимальных.

Общей особенностью является и то, что векторы окружных скоростей и усилий, развиваемых в точках режущих кромок единичных ножей ротора, нормальны по отношению к радиусам, проведенным из центра диска в эти точки, т. е. перпендикулярны.

Геометрические особенности известного исполнения [1 – 3]

Толщины ножей ротора и статора равны между собой и одинаковы по всей длине.

Кромки, ограничивающие рабочие поверхности ножей:

параллельны между собой и осям их симметрии;

режущие не перпендикулярны векторам окружных скоростей и усилий, развиваемых в их точках;

расположены с разных сторон относительно центра диска;

образуют эксцентриситеты с разных сторон относительно центра диска;

придают рабочим поверхностям ножей форму прямоугольника;

не совпадают с радиусами, проведенными из центра диска в произвольные точки кромок (за счет чего последние приобретают статус «не радиальных»);

Не равны нулю:

углы между кромками и радиусами, проведенными к ним из центра диска;

углы скрещивания режущих кромок;

эксцентриситеты кромок относительно центра дисков.

Геометрические особенности авторского исполнения [4, 5]

Кромки, ограничивающие рабочие поверхности ножей:

не параллельны между собой;

режущие перпендикулярны векторам окружных скоростей и усилий, развиваемых в точках режущих кромок единичных ножей;

сходятся в центре диска;

не образуют эксцентриситет относительно центра диска;

придают рабочим поверхностям ножей форму равносходной трапеции;

совпадают с радиусами, проведенными из центра диска в произвольные точки кромок (за счет чего последние приобретают статус «радиальных»).

Равны нулю:

углы между кромками и радиусами, проведенными к ним из центра O ;

углы скрещивания режущих кромок;

эксцентриситеты кромок относительно центра O .

Толщина единичного ножа равномерно возрастает по всей его длине, при движении в направлении от входной окружной кромки диска к периферийной.

Особенности динамического силового воздействия при одновременном контакте по всей длине режущих кромок

Представляется, что только при одновременном контакте эффект «ножниц» преобразуется в «ударный» эффект, т. е. силовое воздействие на волокнистый материал трансформируется в ударное, а «ударный» эффект превалирует над «режущим».

Можно предположить, что это позволит в значительной степени снизить долю поперечного резания волокон и увеличить долю фибрилляции волокон (в виде их раздавливания и продольного разделения).

Проверка рассматриваемых исполнений на одновременность контакта режущих кромок ножей по всей их длине

Известные исполнения [1–3]

На рисунке *a* представлена фронтальная проекция сопряжения прямоугольных рабочих ножевых поверхностей ротора и статора.

Время прохождения точкой A_p^Y дуги $\widehat{A_p^Y A_c^Y}$:

$$t^{A_p^Y} = \frac{(\varphi - \alpha^{A_p} - \alpha^{A_c} + \gamma^{Y_p} + \gamma^{Y_c})}{360^\circ \cdot n}; \quad (1)$$

точкой B_p дуги $\widehat{B_p B_c}$:

$$t^{B_p} = \frac{(\varphi - \alpha^{A_p} - \alpha^{A_c} + \gamma^{B_p} + \gamma^{B_c})}{360^\circ \cdot n}; \quad (2)$$

точкой A_p дуги $\widehat{A_p A_c}$:

$$t^{A_p} = \frac{\varphi - \alpha^{A_p} - \alpha^{A_c}}{360^\circ \cdot n}. \quad (3)$$

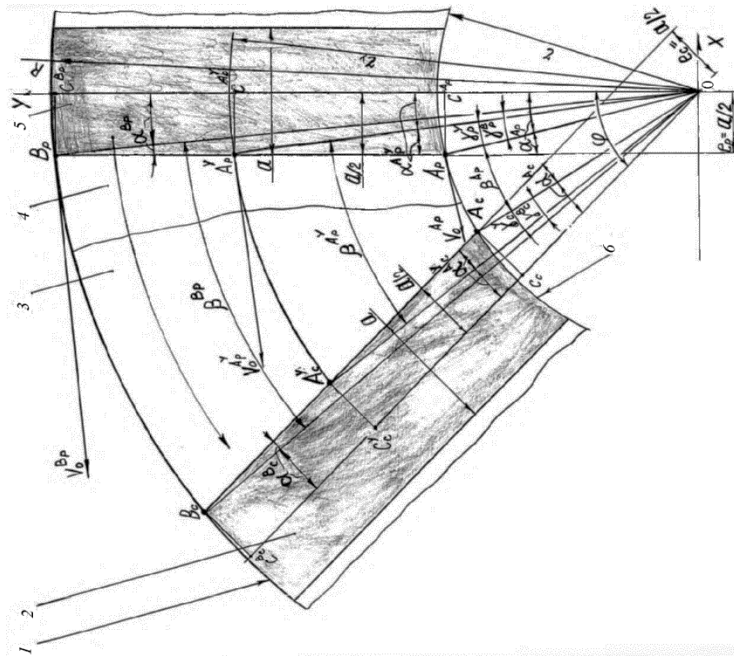
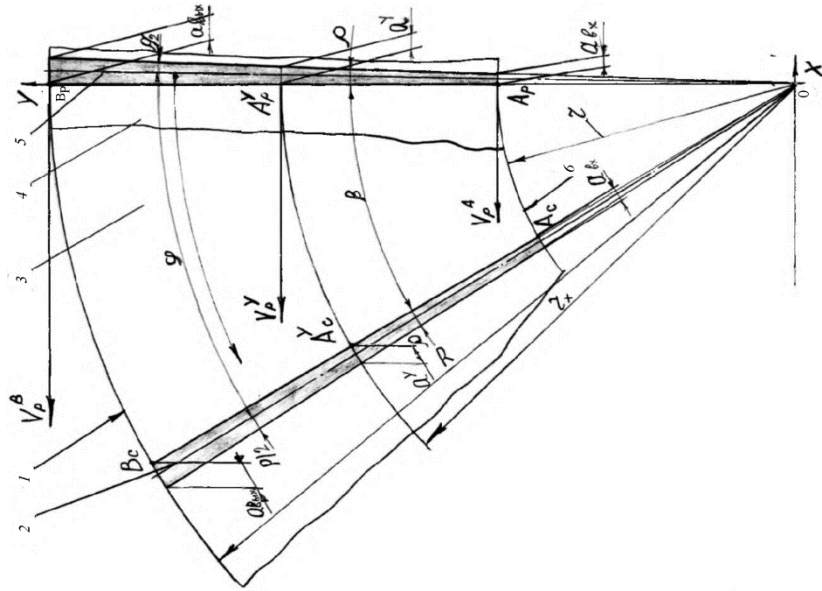
Таким образом, $t^{B_p} > t^{A_p^Y} > t^{A_p}$. Это объясняется тем, что для точек кромки A_p B_p угол β не одинаков. Следовательно, контакт по длине режущих кромок происходит не одновременно.

Авторское исполнение [4, 5]

На рисунке *b* приведена фронтальная проекция сопряженных трапециевидальных рабочих ножевых поверхностей ротора и статора.

Время прохождения точками A_p^Y , A_p , B_p дуг $\widehat{A_p^Y A_c^Y}$, $\widehat{A_p A_c}$, $\widehat{B_p B_c}$ одинаково, т. е.

$$t^{A_p} = t^{B_p} = t^{A_p^Y} = \frac{\varphi - \rho}{360^\circ \cdot n}, \quad (4)$$



а) Сопряжение ножевых поверхностей прямоугольной (а) и трапециевидальной (б) форм: 1 – выходная окружная кромка сопряженных дисков ротора и статора; 2 – единственный нож статора; 3 – ножевая поверхность статора; 4 – ножевая поверхность ротора; 5 – единственный нож ротора; 6 – входная окружная кромка сопряженных дисков ротора и статора

Это объясняется тем, что угол β одинаков для любой точки кромки A_p, B_p . Следовательно, контакт по длине режущих кромок единичных ножей ротора и статора одновременный.

Выводы

1. При прямоугольной форме размалывающей поверхности ножей одновременный контакт по длине их режущих кромок невозможен.
2. При трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей контакт по длине их режущих кромок ротора одновременный.
3. При трапецидальной форме размалывающей поверхности ножей создаются предпосылки для ударного воздействия на волокна.
4. Полученная информация достаточно обоснована с помощью доказательной математической базы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Легоцкий С.С., Гончаров В.Н. Размалывающее оборудование и подготовка бумажной массы. М.: Лесн. пром-сть, 1990. С. 222.
2. Легоцкий С.С., Лантев Л.Н. Размол бумажной массы. М.: Лесн. пром-сть, 1981. 93 с.
3. Ковалев В.И., Алашкевич Ю.Д., Набиева А.А. Влияние рисунка гарнитуры на процесс размола волокнистых полуфабрикатов: моногр. Ч. I. Красноярск, РИЦ СибГТУ, 2010. 168 с.
4. Кожухов В.А., Ковалев В.И., Алашкевич Ю.Д. Ударный эффект при воздействии ножевой гарнитуры как фактор повышения качества размола (статья)//Вестн. Сиб. гос. аэрокосм. ун-та им. акад. М.Ф. Решетнева. 2006. №5. С.130–132.
5. Пат. 2227826 РФ. Размалывающая гарнитура для дисковой мельницы/ Алашкевич Ю.Д., Ковалев В.И., Саргсян К.Х., Набиева А.А., Щербаков В.Н. Заявл. 16.07.03; Опубл. 27.04. 04 , Бюл. № 12.

Поступила 18.12.12

The Study of Tacking Patterns in Milling Machines with Impact Effect

V.I. Kovalev, Candidate of Engineering, Associate Professor

V.A. Kozhukhov, Senior Lecturer

Yu.D. Alashkevich, Doctor of Engineering, Professor

Siberian State Technological University, Prospekt Mira, 82, 660049 Krasnoyarsk, Russia

E-mail: mapt@sibstu.kts.ru

It is known that during grinding of fibrous semi-finished products in cutting mills, the impact contact along the length of the cutting edges of the blades in the rotor and stator through the compressed layer of fibers hanging over them produces a stronger chopping and cutting action on the mass at minimum energy consumption. The paper studied the known version – with rectangular blades and an author one – with radial blades. The study focused on:

- common and special features of the versions, as well as on the force action at simultaneous contact of cutting edges;
- geometry of patterns of these versions;
- testing these versions on simultaneity of contact of cutting edges along their entire length.

Among common features we found geometric and dynamic characteristics, as well as the fact that circumferential velocity vectors and effort vectors at points of the cutting edges of individual rotor blades are normal with respect to the radii drawn from the center of the disk to these points, .i.e. perpendicular. Among special features we found geometric and dynamic characteristics of the versions. Simultaneity of the contact along the entire length of the cutting edges of single rectangular and radial blades was tested during their passage in unequally distant points of circumferential arcs, limited by the generatrices contacting with each other. The results showed that the time of the passage of circumferential arcs in unequally distant points of the cutting edges for:

- rectangular blades is not the same at different rotation angles of these points, due to which the contact along the length of the cutting edges is not simultaneous;
- radial blades is the same at equal rotation angles of these points, due to which the contact along the length of the cutting edges is simultaneous.

Conclusions:

- for blades with rectangular grinding surface, simultaneous contact along the length of their cutting edges is impossible;
- for rotor blades with trapezoidal grinding surface, the contact along the length of the cutting edges is simultaneous;
- trapezoidal grinding surface of blades creates prerequisites for impact action on the fiber;
- the information provided is well founded using mathematical framework;
- increasing share of the fibrillation effect as the cutting edges are getting blunt (curved) is of interest for further research.

Keywords: simultaneous and radial contact, edge, cutting, impact.

REFERENCES

1. Legotskiy S.S., Goncharov V.N. *Razmalyvayushchee oborudovanie i podgotovka bumazhnoy massy* [Grinding Equipment and Preparation of Paper Pulp]. Moscow, 1999, p. 222.
2. Legotskiy S.S., Laptev L.N. *Razmol bumazhnoy massy* [Paper Pulp Grinding]. Moscow, 1981. 93 p.
3. Kovalev V.I., Alashkevich Yu.D., Nabieva A.A. *Vliyanie risunka garnitury na protsess razmola voloknistykh polufabrikatov* [The Effect of Tacking Pattern on the Grinding of Fiber Semi-Products]. Part I. Krasnoyarsk, 2010. 168 p.
4. Kozhukhov V.A., Kovalev V.I., Alashkevich Yu.D. Udarnyy effekt pri vozdeystvii nozhevoy garnitury kak faktor povysheniya kachestva razmola [Shock Effect at Influence of Knife Garniture as a Factor of Upgrading Grinding]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo aerokosmicheskogo universiteta im. akademika M.F. Reshetneva*, 2006, no. 5, pp. 130–132.
5. Alashkevich Yu.D., Kovalev V.I., *Razmalyvayushchaya garnitura dlya diskovoy mel'nitsy* [Disk Mill Tacking]. Patent RF, no. 2227826.