

УДК 676.15/16.054.1(075)

**КООРДИНАТЫ ТОЧЕК СКРЕЩИВАНИЯ РЕЖУЩИХ КРОМОК ОКРУЖНЫХ НОЖЕЙ  
РАЗМОЛЬНОЙ ГАРНИТУРЫ**© *В.И. Ковалев, канд. техн. наук, доц.**Ю.Д. Алашкевич, д-р техн. наук, проф.*

Сибирский государственный технологический университет, пр. Мира, 82, г. Красноярск, Россия, 660049; e-mail: mapt@sibstu.kts.ru

Существенное влияние на качество готового полуфабриката оказывает процесс размола. Оценка качества готового полуфабриката напрямую связана с решением ряда частных задач, решение одной из которых представлено в данной статье. Для прямолинейных режущих кромок ножей ротора и статора эти и ряд других задач решены. Нами предлагается решение частной задачи для окружных единичных ножей ротора и статора. Представлены фрагменты схемы рабочей поверхности сопряжения сцентрированных дисков с пересекающимися окружными режущими кромками единичных ножей вращающегося ротора и неподвижного статора в исходном положении и произвольном, когда диск и режущая кромка единичного ножа ротора совершили поворот относительно совмещенного центра и режущей кромки статора на заданный угол. Составлены уравнения окружных режущих кромок единичных ножей ротора и статора. Решение системы этих уравнений имеет вид канонической формы квадратного уравнения. Корни данного уравнения являются искомым результатом, который при равномерном распределении ножей на рабочих поверхностях дисков ротора и статора создает исчерпывающие предпосылки для выяснения зависимости угла между касательными к режущим кромкам окружных ножей (в точке их скрещивания) от угла поворота диска ротора; расчета угла скрещивания между касательными к режущим кромкам окружных ножей (в точке их скрещивания); расчета коэффициента использования длины режущих кромок ножей и его экспериментальной проверки. При других распределениях (например, секторном) данная методика нуждается в специальной доработке. Для дальнейших исследований потребуются создание дополнительной математической базы и условий, направленных на выявление закономерностей влияния полезной части длины окружных режущих кромок ножей на основные бумагообразующие свойства целлюлозы, на показатели физико-механических свойств отливок, а также на технологические и энергосиловые характеристики работы ножевых размалывающих машин; выявление наиболее оптимальных значений полезной части длины прямолинейных режущих кромок ножей для различных древесноволокнистых полуфабрикатов с учетом их физико-механических характеристик и свойств; проведение корреляции основных технологических параметров с учетом полезной части длины режущих кромок ножей.

*Ключевые слова:* гарнитура, диск, координата, кромка, окружной нож, поверхность, радиус, распределение, режущая, точка скрещивания, трансцендентный, определенный угол.

***Введение***

Известно, что из всех стадий технологического процесса получения древесноволокнистой массы наиболее существенное влияние на качество готового полуфабриката оказывает процесс размола. Уровень качества напрямую связан с решением следующих прикладных задач:

определение координат произвольной точки скрещивания режущих кромок окружных единичных ножей ротора и статора;

определение угла скрещивания касательных к режущим кромкам окружных единичных ножей ротора и статора в произвольной точке кольцевой размалывающей зоны;

определение коэффициента использования длины режущих кромок окружных ножей ротора и статора.

Для прямолинейных режущих кромок ножей ротора и статора эти и ряд других задач решены в [2, 3].

#### **Постановка задачи**

*Распределение ножей на рабочих поверхностях дисков.* Считаем, что окружные ножи равномерно распределены на рабочих поверхностях кольцевых дисков гарнитуры. Это значит, что касательные, проведенные к окружным режущим кромкам в точках их пересечения с входной окружной кромкой диска, образуют одинаковые входные углы с радиусами, проведенными в эти точки из центра дисков; наклонены на одинаковый угол относительно аналогичных касательных к режущим кромкам соседних ножей; равномерно расходятся от центра к периферии.

Вспользуемся фрагментом схемы (в системе декартовых координат  $X - Y$ ) рабочей поверхности сопряжения сцентрированных кольцевых дисков ротора и статора с пересекающимися окружными режущими кромками их единичных ножей.

*Расшифровка обозначений на рисунке,* где представлены схемы с изображением режущих кромок единичных ножей ротора и статора, пересекающихся в исходном (см. рисунок, *а*) и промежуточном (см. рисунок, *б*) положениях.

#### *Общие элементы и обозначения:*

$1$  – входная окружная кромка сопряженных дисков ротора и статора;

$2$  и  $3$  – пересекающиеся окружные режущие кромки ( $AB_p$ ) и ( $AB_c$ );

$O$  – центр пересечения осей координат  $X - Y$ ;

$O_p(x_p, y_p)$  – центр кривизны окружной кромки  $2$  ( $AB_p$ ) ротора;

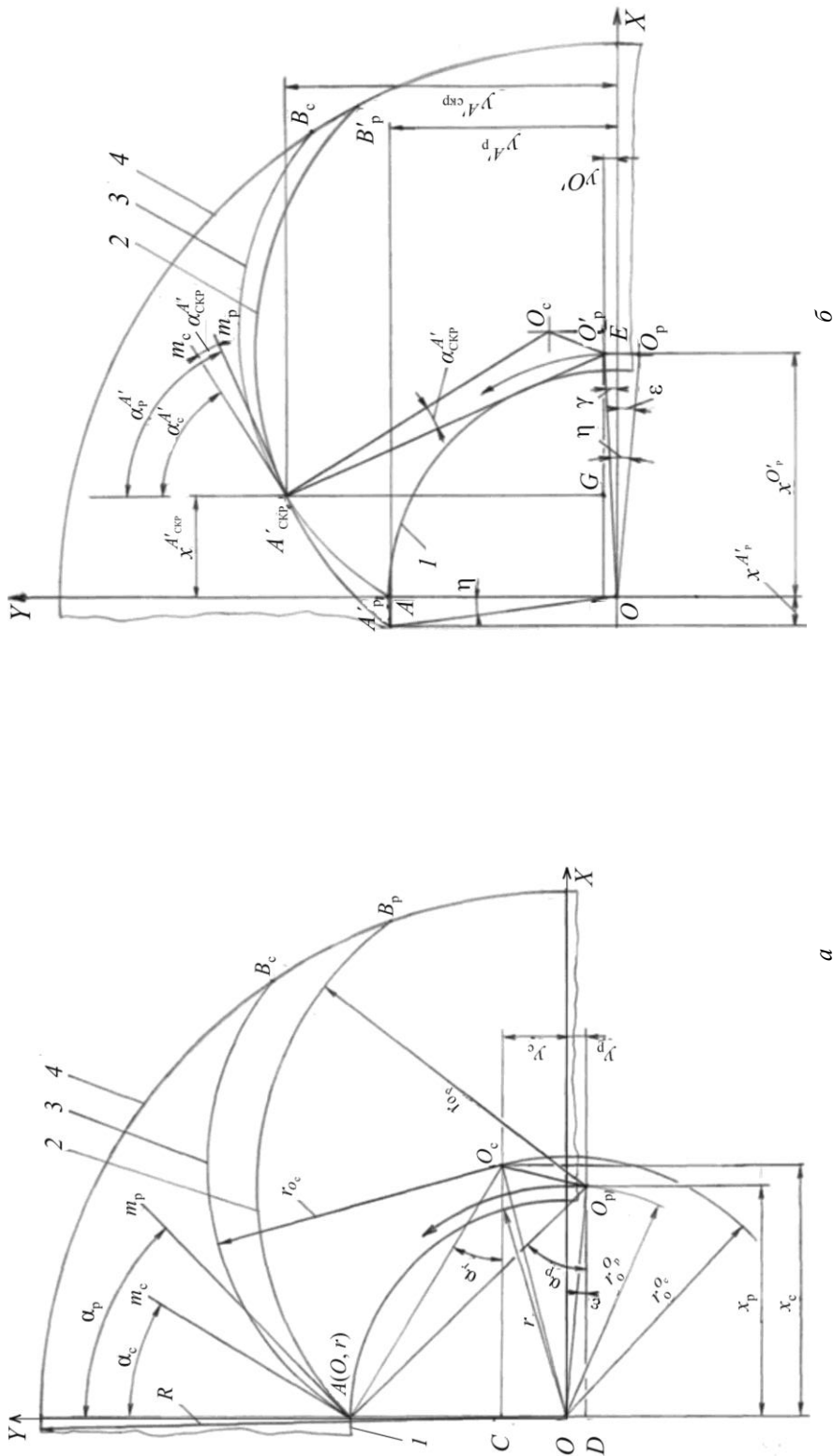
$O_c(x_c, y_c)$  – центр кривизны окружной кромки  $3$  ( $AB_c$ ) статора;

$4$  – выходная окружная кромка сопряженных дисков ротора и статора;

$A(O, r)$  – входная точка пересечения кромок  $1, 2$  и  $3$  с осью  $Y$ ;

$\varepsilon$  – угол между осью координат  $X$  и прямолинейным отрезком  $OO_p$ ;

стрелка – направление вращения диска ротора.



Исходная (а) и произвольная (б) схемы контакта режущих кромок окружных ножей

Дополнительные элементы, изображенные в исходном положении:

$r$  – радиус кромки 1;

$R$  – радиус кромки 4;

$r_{O_p}$  – радиус кривизны кромки 2;

$r_{O_c}$  – радиус кривизны кромки 3;

$r_O^{O_p} = O - O_p$  – радиус вращения центра  $O_p$  относительно  $O$ ;

$r_O^{O_c} = O - O_c$  – условный радиус вращения центра  $O_c$  относительно  $O$ ;

$m_p$  – касательная к кромке 2 ( $AB_p$ ) в точке  $A$ ;

$m_c$  – касательная к кромке 3 ( $AB_c$ ) в точке  $A$ ;

$\alpha_p$  – входной угол между касательной  $m_p$  и отрезком  $OA = r$ ;

$\alpha_c$  – входной угол между касательной  $m_c$  и отрезком  $OA = r$ ;

$\alpha_{\text{скр}}$  – входной угол скрещивания в т.  $A$ , между  $m_p$  и  $m_c$ ;

т.  $D$  – проекция центра  $O_p$  на ось  $Y$ ;

т.  $C$  – проекция центра  $O_c$  на ось  $Y$ .

*Дополнительные элементы, изображенные в промежуточном положении:*

$\eta$  – угол поворота кромки 2 из положения  $A_p B_p$  в положение  $A'_p B'_p$ ;

$A'_p$  – положение т.  $A$  кромки  $AB_p$  после ее поворота на угол  $\eta$ ;

$A'_p B'_p$  – положение кромки 2 ротора после его поворота на угол  $\eta$ ;

$O'_p(x^{O'_p}; y^{O'_p})$  – промежуточное положение центра кривизны кромки 2;

$\gamma$  – угол между осью  $X$  и отрезком  $OO'_p$ ;

$A'_{\text{скр}}(x^{A'_{\text{скр}}}, y^{A'_{\text{скр}}})$  – промежуточное положение точки скрещивания кромок 2 и 3 после поворота первой на угол  $\eta$ ;

$m'_p$  – касательная к кромке 2 в точке  $A'_{\text{скр}}$ ;

$m'_c$  – касательная к кромке 3 в точке  $A'_{\text{скр}}$ .

*Входные параметры:*

$$r_O^{O_p} = O - O_p = r_O^{O'_p} = O - O'_p; \quad r_O^{O_c}; \quad r; \quad R; \quad r_{O_p}; \quad r_{O_c}; \quad \alpha_p; \quad \alpha_c; \quad \eta; \quad \varepsilon; \quad \gamma.$$

*Выходные параметры:*

$$x^{A'_{\text{скр}}}, \quad y^{A'_{\text{скр}}}.$$

### **Материалы и методы исследования**

На рисунке поворот ротора на угол  $\eta$  относительно т.  $O$  происходит одновременно с перемещением центра кривизны кромки 2 из положения  $O^p$  в положение  $O'_p$ ; кромки 2 из

положения  $AB_p$  в положение  $A'B'_p$ ; точки скрещивания по кромке 3 из положения А в положение  $A'_{\text{скр}}$ .

Уравнение кромки 3 статора [1]:

$$(x_c - x^{A'_{\text{скр}}})^2 + (y^{A'_{\text{скр}}} - y_c)^2 = r_{O_c}^2.$$

Уравнение кромки 2 ротора [1]:

$$(x^{O_p} - x^{A'_{\text{скр}}})^2 + (y^{A'_{\text{скр}}} - y^{O_p})^2 = r_{O_p}^2.$$

Составим систему из данных уравнений:

$$\begin{cases} (x_c - x^{A'_{\text{скр}}})^2 + (y^{A'_{\text{скр}}} - y_c)^2 = r_{O_c}^2 \\ (x^{O_p} - x^{A'_{\text{скр}}})^2 + (y^{A'_{\text{скр}}} - y^{O_p})^2 = r_{O_p}^2 \end{cases}.$$

Решение и преобразование системы приводит к квадратному уравнению

$$a(y^{A'_{\text{скр}}})^2 + by^{A'_{\text{скр}}} + c = 0 \quad [1],$$

где коэффициенты

$$a = \frac{(y^{O_p} - y_c)^2}{(x^{O_p} - x_c)^2} + 1; \quad b = \frac{(y^{O_{\text{скр}}} - y_c)(2x^{O_p}x_c + x_c^2 - y_c^2 - r_{O_c}^2)}{2(x^{O_p} - x_c)}; \quad c = \frac{(2x^{O_p}x_c + x_c^2 - y_c^2 - r_{O_c}^2)^2}{4(x^{O_p} - x_c)^2} - r_{O_c}^2 + y_c^2$$

включают только входные параметры.

Решением данного квадратного уравнения являются координаты точки  $A'_{\text{скр}}$  режущих кромок 2 и 3 ножей соответственно ротора и статора [1]:

$$y_{1,2}^{A'_{\text{скр}}} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}; \quad x_{1,2}^{A'_{\text{скр}}} = x_c - \sqrt{r_{O_c}^2 - \left(\frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} - y_c\right)^2}.$$

Значения  $y^{A'_{\text{скр}}}$  и  $x^{A'_{\text{скр}}}$  принимаются с учетом четверти декартовых координат, в которой расположены скрещивающиеся режущие кромки 2 и 3.

### **Обсуждение результатов**

Таким образом, нами определены координаты точки скрещивания окружных режущих кромок ножей ротора и статора после поворота ротора на произвольно заданный угол. При равномерном распределении окружных ножей на рабочих поверхностях дисков ротора и статора полученный результат создает исчерпывающие предпосылки для нахождения угла скрещивания между касательными к режущим кромкам окружных ножей (в точке их скрещивания) [3]; зависимости угла скрещивания касательных к режущим кромкам окружных ножей от угла поворота диска [3]; коэффициента использования длины режущих кромок [3].

При других распределениях ножей на рабочих поверхностях дисков ротора и статора данная методика нуждается в специальной доработке.

### **Заключение**

Можно предположить, что дальнейшие исследования потребуют создания дополнительной математической базы и условий, направленных, в частности, на решение следующих задач [2 – 4]:

выявление закономерностей влияния полезной части длины прямолинейных режущих кромок ножей на свойства целлюлозы, технологические и энергосиловые характеристики работы ножевых размалывающих машин;

нахождение полезной части длины окружных режущих кромок ножей;

корреляция основных технологических параметров с учетом полезной части длины режущих кромок ножей.

1. *Выгодский М.Я.* Справочник по высшей математике. М: Наука, 1977. 872 с.
2. *Ковалев В.И., Алашкевич Ю.Д., Васютин В.Г.* Обоснование построения рисунка гарнитуры ножевых размалывающих машин // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья Кн. 3. Барнаул: Алт. ун-т 2007. С. 90–94.
3. *Ковалев В.И.* Размол волокнистых полуфабрикатов при различном характере построения рисунка ножевой гарнитуры: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2007. 76 с.
4. Пат. 2307883 Р.Ф. МПК51 D21D1/30, B02C 7/12. Размалывающая гарнитура / Алашкевич Ю.Д., Ковалев В.И., Харин В.Ф., Мухачев А.П.; заявитель и патентообладатель СибГТУ. № 2006110647/12.; заявл. 03.04.2006; опубл. 10.10.2007, Бюл. № 28. 5 с.

Поступила 18.03.14