

УДК 677.021

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШАГА РАССТАНОВКИ КОЛОСНИКОВ  
НА ОЧИСТИТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ\***

**DETERMINATION OF A STEP OF ARRANGEMENT OF FURNACE BARS  
AT A CLEANING MACHINE**

Р.В. КОРАБЕЛЬНИКОВ, А.Р. КОРАБЕЛЬНИКОВ, Д.А. ЛЕБЕДЕВ  
R.V. KORABELNIKOV, A.R. KORABELNIKOV, D.A. LEBEDEV

(Костромской государственный технологический университет)  
(Kostroma State Technological University)  
E-mail: tmm@kstu.edu.ru

*В работе на основе анализа движения волокна в пыльно-колосниковой секции приведено теоретическое обоснование выбора шага расстановки колосников на очистительной машине.*

*On the basis of the analysis of fiber movement in a saw-grid-iron section the theoretical substantiation of the choice of a step of furnace bars arrangement at a cleaning machine is presented in the paper.*

---

\* Работа выполнена при поддержке гранта Федерального агентства по образованию РФ в рамках реализации целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы» (2011 г.) по разделу 2.1.2.

**Ключевые слова:** очистка волокна, волокноочиститель, колосниковая решетка, колосник, механика, хлопок, лен.

**Keywords:** fiber cleaning, a decorticator, a grid iron, a furnace bar, mechanics, a cotton, a flax.

Ранее проведенные исследования показали, что при существующих режимах очистки волокон и конструкции колосниковой решетки не полностью используются ее очистительные возможности [1], [2]. К сожалению, до настоящего времени нет теоретического обоснования по выбору основных параметров пыльно-колосниковой секции.

В этой связи необходим подробный анализ процесса взаимодействия волокна с колосниками с целью выявления основных зависимостей технологического и конструктивного характера. В настоящей работе нами приведено теоретическое обоснование выбора шага расстановки колосников на очистительной машине.

После схождения прядки с первого колосника она начинает отклоняться от поверхности пыльного цилиндра. Как только прядка волокна отклонится максимально, то есть дальнейшего отклонения вследствие уравниваемости действующих на нее сил происходить не будет, необходимо установить следующий колосник.

Таким образом, максимальный шаг расстановки колосников следует находить из условия наибольшего отклонения прядки волокна от поверхности пилы. В этом случае будет наблюдаться наибольшее встряхивание волокна, а следовательно, и удаление сора. Установка большого шага нецелесообразна, поскольку это приведет к увеличению волокнистости отходов.

Рассмотрим движение прядки волокон в зоне взаимодействия с первым и следующим по ходу движения колосниками. Обратимся к рис. 1 (этапы взаимодействия волокна с колосниками: 1 – пыльный диск; 2 – прядка волокна; 3 – колосник), где I – это положение прядки при подходе к первому колоснику (начальный момент взаимодействия); II – положение прядки при окончании взаимодействия с первым колосником (схождение прядки с кромки колосника); III – свободное движение прядки; IV – положение при подходе ко второму колоснику.

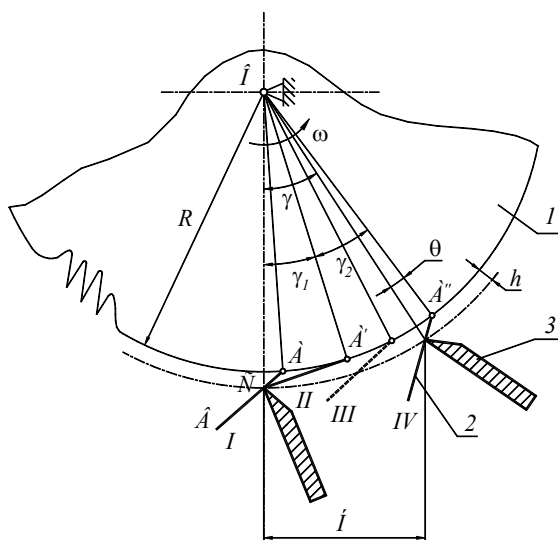


Рис. 1

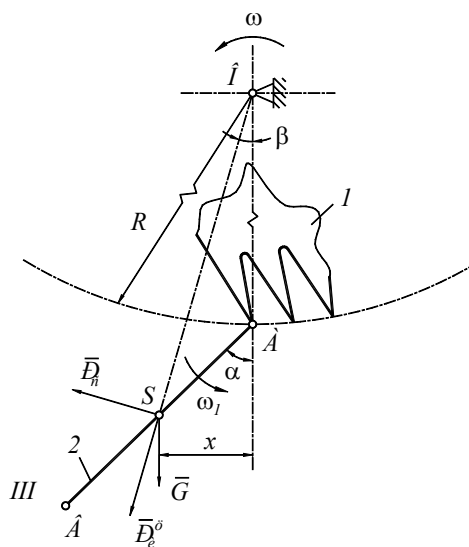


Рис. 2

Определим силы, заставляющие отклоняться прядку волокон от поверхности

пыльного цилиндра при ее свободном движении.

Составим расчетную схему (рис. 2 – силовое воздействие на свободную прядку волокна: 1 – пильный диск; 2 – прядь волокна) для определения шага расстановки колосников. Точка А – место закрепления прядки волокон на зубе пилы, точка S – центр тяжести прядки волокон. На прядку действуют центробежная сила инерции  $P_{и}^n$ , сила тяжести  $G$ , сила сопротивления воздуха  $P_c$ . Считаем силы сосредоточенными и приложенными к центру тяжести. Указанные силы заставляют отклоняться прядку от поверхности пилы.

Введем следующие обозначения:  $OA=R$ ;  $AS=BS= \ell$ ;  $OS = L$ ;  $\omega$  – частота вращения пилы;  $\omega_1$  – частота вращения прядки волокон;  $\varphi$  – угол между прядкой и раздельной линией, проходящей через точку закрепления прядки па зубе пилы.

Составим сумму моментов сил относительно точки А

$$m\ell^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -P_{и}^n R \sin \beta - G\ell \sin \alpha + P_c (L - R \cos \beta). \quad (1)$$

Центробежная сила инерции, действующая на прядку, определится по следующей формуле:

$$P_{и}^n = m\omega^2 L, \quad (2)$$

где  $m$  – масса прядки волокна, которую условно считаем сосредоточенной в центре тяжести S.

Но из схемы, представленной на рис. 2, можно найти:

$$L = \frac{R + \ell \cos \alpha}{\cos \beta}. \quad (3)$$

Тогда из (2) и (3) получим следующую зависимость для определения центробежной силы инерции:

$$P_{и}^n = m\omega^2 \frac{R + \ell \cos \alpha}{\cos \beta}. \quad (4)$$

Подставим (3) и (4) в (1):

$$m\ell^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -m\omega^2 \frac{R + \ell \cos \alpha}{\cos \beta} R \sin \beta - G\ell \sin \alpha + P_c \left( \frac{R + \ell \cos \alpha}{\cos \beta} - R \cos \beta \right). \quad (5)$$

$$\text{Здесь } \operatorname{tg} \beta = \frac{\sin \beta}{\cos \beta} \text{ и } \operatorname{tg} \beta = \frac{x}{R + \ell \cos \alpha}.$$

Тогда уравнение (5) будет:

$$m\ell^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -m\omega^2 R x - G\ell \sin \alpha + P_c \left( \frac{R + \ell \cos \alpha}{\cos \beta} - R \cos \beta \right). \quad (6)$$

Исключим  $\beta$  из уравнения (6). Поскольку угол  $\beta$  является величиной малого порядка, то можно записать, что  $\cos \beta = 1$ .

В таком случае последнее уравнение запишется как

$$m\ell^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -m\omega^2 R x - G\ell \sin \alpha + P_c \ell \cos \alpha. \quad (7)$$

Но поскольку  $x = \ell \sin \alpha$ , то уравнение (7) будет:

$$m\ell^2 \frac{d^2\alpha}{dt^2} = -m\omega^2 R \ell \sin \alpha - G\ell \sin \alpha + P_c \ell \cos \alpha. \quad (8)$$

Разделим обе части уравнения (8) на  $m\ell^2$ :

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = -\frac{\omega^2 R}{\ell} \sin \alpha - \frac{G}{m\ell} \sin \alpha + \frac{P_c}{m\ell} \cos \alpha. \quad (9)$$

Но

$$\frac{d^2\alpha}{dt^2} = \frac{d\omega_1}{dt} = \frac{d\omega_1}{d\alpha} \frac{d\alpha}{dt} = \frac{d\omega_1}{d\alpha} \omega_1. \quad (10)$$

Подставим (10) в (9):

$$\frac{d\omega_1}{d\alpha} \omega_1 = -\frac{\omega^2 R}{\ell} \sin \alpha - \frac{G}{m\ell} \sin \alpha + \frac{P_c}{m\ell} \cos \alpha. \quad (11)$$

Проинтегрируем уравнение (11):

$$\int \omega_1 d\omega_1 = -\int \frac{\omega^2 R}{\ell} \sin \alpha d\alpha - \int \frac{G}{m\ell} \sin \alpha d\alpha + \int \frac{P_c}{m\ell} \cos \alpha d\alpha. \quad (12)$$

Подставив (14) в (13), получим:

$$\omega_1^2 = \frac{2\omega^2 R}{\ell} (\cos \alpha - \cos \alpha_0) + \frac{2G}{m\ell} (\cos \alpha - \cos \alpha_0) + \frac{2P_c}{m\ell} (\sin \alpha - \sin \alpha_0). \quad (15)$$

Для решения данного уравнения необходимо определить неизвестные составляющие.

По исследованиям [3] зуб пилы захватывает прядку волокон в некотором сечении, при этом свисающая часть волокон может иметь длину от 1/4 до 3/4 длины волокна, что определяется условиями удержания волокна на пиле. В настоящих расчетах примем длину прядки равной 3/4 длины волокна. Учитывая, что длина средневолокнистых сортов хлопка составляет порядка 32 мм, можно записать, что  $\ell_B = 24$  мм.

В [4] установлено, что масса одной прядки волокна после пильного джина составляет от 2 до 20 мг, поэтому для дальнейших расчетов массу свисающей части прядки  $m$  примем равной 10 мг.

Определим начальный угол отклонения прядки волокна  $\alpha_0$ , для чего обратимся к расчетной схеме, изображенной на рис. 3.

Принимая, что длина прядки волокна  $AB = \ell_B = 2\ell$  и величина технологической разводки (зазор между пилой и колосником)  $h$ , искомый угол определится как

$$\alpha_0 = 90^\circ - \arccos \left( \frac{\sqrt{\ell_B^2 - h^2}}{\ell_B} \right). \quad (16)$$

Получим:

$$\frac{\omega_1^2}{2} = \frac{\omega^2 R}{\ell} \cos \alpha + \frac{G}{m\ell} \cos \alpha + \frac{P_c}{m\ell} \sin \alpha + C. \quad (13)$$

Постоянную интегрирования  $C$  найдем при следующих начальных условиях: при  $t = 0$   $\alpha = \alpha_0$ ;  $\omega_1 = 0$ .

Тогда

$$C = -\left( \frac{\omega^2 R}{\ell} \cos \alpha_0 + \frac{G}{m\ell} \cos \alpha_0 + \frac{P_c}{m\ell} \sin \alpha_0 \right). \quad (14)$$

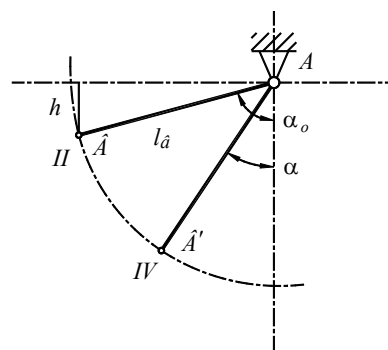


Рис. 3

Учитывая, что на существующих машинах величина  $h$  составляет, как правило, 2 мм, можно определить, что  $\alpha_0 = 85,2$  град.

На одноступенчатой прямооточной волоконоочистительной машине отечественного производства ОВП частота вращения  $\omega$  рабочего органа составляет  $23,7 \text{ с}^{-1}$ , радиус пильного диска  $R$  равен  $0,16$  м.

Из работы [5] известно, что при вращении пильного диска радиусом  $0,16$  м с частотой  $23,7 \text{ с}^{-1}$  прядка хлопкового волокна заданной массы и длины отклоняется от радиального направления на угол  $\alpha$ , близкий  $67$  град, при этом сила аэродинамического сопротивления  $P_c$  составляет около  $0,003$  Н.

Подставив установленные значения в уравнение (15), найдем, что величина  $\omega_1$  равна  $56,58 \text{ с}^{-1}$ .

Зная величину  $\omega_1$ , можно определить время, которое затрачивается на преодоление прядкой волокна угла  $(\alpha_0 - \alpha)$ , по следующей формуле:

$$t = \frac{\alpha_0 - \alpha}{\omega_1 \cdot 360^\circ}. \quad (17)$$

Подставляя в (17) известные величины, определим, что время  $t$  равно  $8,94 \cdot 10^{-4} \text{ с}$ . За это же время точка А (рис. 1) крепления прядки волокна на пильном диске переместится из положения II в положение IV.

В таком случае угол, на который повернется за это время пильный диск, можно найти следующим образом:

$$\gamma_2 = \omega t \cdot 360^\circ, \quad (18)$$

что в численном выражении с учетом исходных данных будет равно  $7,62$  град.

Для определения шага расстановки колосников необходимо также определить угол  $\gamma_1$ , на который поворачивается пила при прохождении прядки из положения I в положение II. Для этого воспользуемся схемой, изображенной на рис. 1.

Из треугольника  $OA'C$  по теореме синусов

$$A'C^2 = OC^2 + OA'^2 - 2OC \cdot OA' \cos \gamma_1, \quad (19)$$

откуда

$$\gamma_1 = \arccos \left( \frac{OC^2 + OA'^2 - A'C^2}{2OC \cdot OA'} \right), \quad (20)$$

или

$$\gamma_1 = \arccos \left( \frac{(R+h)^2 + R^2 - \ell_B^2}{2(R+h)R} \right). \quad (21)$$

Подставляя заданные значения, можно найти, что угол  $\gamma_1$  равен  $8,52$  град.

Необходимый для дальнейших расчетов угол  $\gamma$  определится как

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 - \theta. \quad (22)$$

Учитывая, что  $\gamma \gg \theta$ , можно записать, что искомый угол будет:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2. \quad (23)$$

С учетом найденных ранее значений  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  угол  $\gamma$  будет равен  $16,14$  град.

Тогда окончательно можно записать формулу для определения шага расстановки колосников:

$$H = R \sin \gamma, \quad (24)$$

что в реальном выражении составляет величину, равную  $44,5$  мм.

Полученное значение является расстоянием между колосниками (просвет колосниковой решетки).

Необходимо отметить, что экспериментальное определение конструктивных параметров для волоконочистительной машины ОВП было выполнено в исследовании [4]. В проведенных в [4] экспериментах с целью получения максимальной очистки волокна угол и шаг колосников варьировались в широких пределах. Оптимальными значениями были: угол наклона колосников к радиусу пилы  $45$  град, шаг расстановки колосников (расстояние между рабочими кромками)  $45$  мм, что подтверждает результаты теоретических расчетов, представленных в данной работе.

## ВЫВОДЫ

1. Представлена модель взаимодействия волокна с колосниковой решеткой в зоне за первым колосником, разработана методика определения шага расстановки колосников.

2. Определена величина шага расстановки колосников для прямоточной волоконочистительной машины ОВП.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Корабельников Р.В., Корабельников А.Р.* Теория и практика совершенствования очистителей волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2001.
2. *Корабельников А.Р.* Развитие теории и технологии получения короткоштапельного льняного волокна: Монография. – Кострома: КГТУ, 2005.

3. *Котов Д.А.* Волокноочиститель к пильному волокноочистителю: Дис...канд. техн. наук. – Ташкент, 1952.

4. *Крыгин А.И.* Исследование прямоточного принципа очистки волокна на хлопкозаводах. Дис...канд. техн. наук. – Ташкент, 1966.

5. *Громова Е.И., Корабельников Р.В., Лебедев Д.А.* Экспериментальное определение коэффициен-

та аэродинамического сопротивления для натурального волокна // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2008, № 2.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 03.06.11.

---