

## АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТУЧКИ ХЛОПКА-СЫРЦА ПО ЛОПАСТИ БАРАБАННОЙ СУШИЛКИ

### MOTION ANALYSIS THE FEATHER OF THE RAW COTTON OVER THE BLADES OF THE DRUM TION OF THE DRYER

С.А. ГАЗИЕВА, М.Э. НУРОВ, Х.И. ИБРОГИМОВ, П.Н.РУДОВСКИЙ  
S.A. GAZIEV, M.E. NUROV, KH.I. IBROGIMOV, P.N. RUDOVSKY

(Технологический университет Таджикистана,  
Костромской государственный технологический университет)  
(Technological University of Tajikistan,  
Kostroma State Technological University)  
E-mail: info@kstu.edu.ru

*Проведен анализ движения летучки хлопка-сырца по лопастям барабана в процессе работы барабанной сушилки хлопка. Полученные математические модели позволяют обоснованно подойти к выбору конструктивных и технологических параметров сушилки с переменным углом наклона лопастей.*

*The analysis of the movement of the feather of the raw cotton over the blades of the drum in the working process of rotary drum dryer cotton. The obtained mathematical model allows reasonable approach to the choice of constructive and technological parameters of the dryer with variable angle of inclination of the blades.*

**Ключевые слова:** хлопок-сырец, летучки, барабанная сушилка, математические модели, технологические параметры.

**Keywords:** raw cotton, feather, rotary dryer, mathematical model, technological parameters.

В существующих технологических процессах переработки хлопка обязательным является сушка хлопка-сырца, так как основная часть сырца заготавливается при влажности, превышающей кондиционную. Еще на заготовительных пунктах в бунтах осуществляют ряд мер по снижению влажности хлопка-сырца. К этим мероприятиям следует отнести прорывание вентиляционных каналов и тоннелей в бунтах, отсос влажного воздуха из бунтов, разборку бунтов, просушку сырца и др.

Наиболее действенным методом доведения хлопка-сырца до технологической нормы влажности и обеспечения его нормальной очистки от сорных примесей и дженирования является сушка хлопка-сырца в сушилках [1...3].

В настоящее время на хлопкоперерабатывающих предприятиях стран СНГ наиболее широко распространены барабанные сушилки марок 2СБ-10, СБО, СБТ и МС. Эти сушилки имеют высокие показатели по производительности влажного хлопка-сырца, но недостаточный влагоотбор.

На основе многолетнего опыта передовых хлопкоперерабатывающих предприятий и научно-исследовательских работ НПО "Хлопкопром", ТИТЛП, ТГСКБ по хлопкоочистке учеными и специалистами хлопкоперерабатывающей отрасли созданы и усовершенствованы ныне действующие хлопковые сушилки. Основной целью совершенствования конструкции сушильных агрегатов является сохранение при-

родных свойств волокна, семян и повышенные эффективности сушки.

Наиболее совершенными по конструкции являются сушилки марок СБТ и МС, предназначенные для сушки как средневолокнистых, так и длиноволокнистых сортов хлопка-сырца. Эти сушилки имеют существенные конструктивные отличия от ранее выпускаемых – СБ-10, 2СБ-10, СБО [4].

Классические исследования процесса движения летучки хлопка-сырца в камере барабана проведены в работе [5]. Дальнейшие исследования движения летучки хлопка-сырца по лопасти барабанной сушилки с целью обоснования рациональных конструктивных параметров, позволяющих повысить эффективность работы за счет увеличения влагоотбора сушильных машин, являются актуальными.

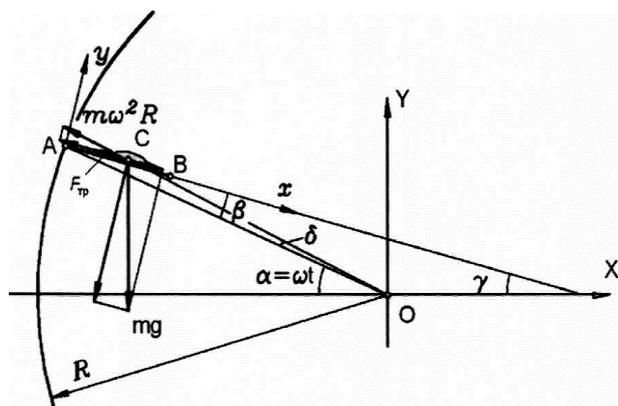


Рис. 1

В [6], [7] предложена конструкция барабанной сушилки с наклонными по отношению к радиусу барабана лопастями. На рис. 1 приведена схема сил, действующих на летучку, находящуюся на лопасти. Барабан имеет радиус R и вращается по часовой стрелке с угловой скоростью ω. В точке A закреплена лопасть АВ, наклоненная к радиусу ОА барабана под углом β.

Летучку будем рассматривать как материальную точку, расположенную в точке С и имеющую массу m. На нее действует сила тяжести mg, центробежная сила инерции  $m\omega^2 R$  и кориолисова сила инерции, которой в первом приближении пренебрежем. Кроме того, на летучку при ее движении по лопасти действует сила трения  $F_{тр}$ . Движение летучки по лопасти бу-

дем рассматривать в системе координат xOy, связанной с лопастью АВ.

В момент времени  $t = 0$  радиус ОА расположен горизонтально, и летучка покоится на лопасти в точке А. Некоторое время по мере увеличения угла α летучка не выходит из состояния покоя, поскольку силы, удерживающие ее, превосходят скатывающую силу, направленную вдоль лопасти АВ от А к В. Найдем предельное значение угла α, после которого начнется движение летучки. Спроектируем силы на ось Ax и запишем условие равновесия летучки:

$$m\omega^2 R + mgf\cos\gamma_{пред} = mg\sin\gamma_{пред}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{пред}$  – предельное значение угла γ (рис. 1), после которого начинается движение летучки; f – коэффициент трения летучки по стали, из которой изготовлена лопасть сушилки.

Сократим на массу m и перенесем члены, содержащие  $\gamma_{пред}$ , в левую часть:

$$f\cos\gamma_{пред} - \sin\gamma_{пред} = \omega^2 R/g. \quad (2)$$

Поделим обе части уравнения на  $\sqrt{1+f^2}$ :

$$\frac{f}{\sqrt{1+f^2}} \cos\gamma_{пред} - \frac{1}{\sqrt{1+f^2}} \sin\gamma_{пред} = -\frac{\omega^2 R}{g\sqrt{1+f^2}}. \quad (3)$$

Коэффициенты при тригонометрических функциях в левой части уравнения можно считать тригонометрическими функциями дополнительного угла ψ:

$$\begin{aligned} \frac{f}{\sqrt{1+f^2}} &= \sin\psi, \\ \frac{1}{\sqrt{1+f^2}} &= \cos\psi. \end{aligned} \quad (4)$$

Этот угол можно найти из условия:

$$\operatorname{tg}\psi = \frac{\sin\psi}{\cos\psi} = f, \quad (5)$$

то есть угол ψ представляет собой угол трения и определяется по формуле:

$$\psi = \arctg f. \quad (6)$$

Подставив значения тригонометрических функций угла  $\psi$  из (4) в (3), получим:

$$\sin \psi \cos \gamma_{\text{пред}} - \cos \psi \sin \gamma_{\text{пред}} = -\frac{\omega^2 R}{g\sqrt{1+f^2}}. \quad (7)$$

После очевидных преобразований

$$\sin(\gamma_{\text{пред}} - \psi) = -\frac{\omega^2 R}{g\sqrt{1+f^2}}, \quad (8)$$

откуда

$$\gamma_{\text{пред}} = \arcsin \frac{\omega^2 R}{g\sqrt{1+f^2}} + \arctg f. \quad (9)$$

Из рис. 1 следует, что

$$\alpha = \gamma + \beta, \quad (10)$$

откуда

$$\alpha_{\text{пред}} = \gamma_{\text{пред}} + \beta. \quad (11)$$

$$\dot{x} = -\frac{g}{\omega} \cos(\omega t - \beta) - \frac{gf}{\omega} \sin(\omega t - \beta) - \omega^2 R t \cos \beta + C_1, \quad (15)$$

$$x = \frac{g}{\omega^2} \cos(\omega t - \beta) - \frac{gf}{\omega^2} \sin(\omega t - \beta) + \frac{\omega^2 R t^2}{2} \cos \beta + C_1 t + C_2. \quad (16)$$

При анализе движения летучки по лопасти время будем отсчитывать от начала ее скольжения, то есть от момента  $t_1$ . Таким образом, начальные условия будут иметь вид:

$$\text{при } t=0 \quad x=0 \quad \text{и} \quad \dot{x}=0. \quad (17)$$

Из (15) получим:

$$C_1 = \frac{g}{\omega} (\cos \beta - f \sin \beta). \quad (18)$$

$$x = \frac{g}{\omega^2} [\cos(\omega t - \beta) + f \sin(\omega t - \beta)] - \frac{\omega^2 R t^2}{2} \cos \beta + \frac{g}{\omega} (\cos \beta - f \sin \beta) t + \frac{g}{\omega^2} (\sin \beta - f \cos \beta). \quad (20)$$

Момент схода летучки с лопасти  $t_c$

$$\ell = \frac{g}{\omega^2} [\cos(\omega t_c - \beta) + f \sin(\omega t_c - \beta)] - \frac{\omega^2 R t_c^2}{2} \cos \beta + \frac{g}{\omega} (\cos \beta - f \sin \beta) t_c + \frac{g}{\omega^2} (\sin \beta - f \cos \beta). \quad (21)$$

Движение летучки по лопасти начнется в момент времени

$$t_1 = \frac{\alpha_{\text{пред}}}{\omega}. \quad (12)$$

Дифференциальное уравнение движения летучки, с учетом принятых допущений, дополнительно к которым пренебрегаем изменением угла  $\delta$ , будет иметь вид:

$$m\ddot{x} = mg \sin \gamma - mgf \cos \gamma - m\omega^2 R \cos \beta. \quad (13)$$

Сокращая на  $m$  и подставляя значение  $\gamma$  из (10) с учетом того, что  $\alpha = \omega t$ , получим:

$$\ddot{x} = g \sin(\omega t - \beta) - gf \cos(\omega t - \beta) - \omega^2 R \cos \beta. \quad (14)$$

Переменные в полученном уравнении разделены, поэтому его общее решение можно получить, дважды проинтегрировав (14):

Подставляя полученное значение  $C_1$  в (16), а затем начальные условия (17), найдем:

$$C_2 = \frac{g}{\omega^2} (\sin \beta - f \cos \beta). \quad (19)$$

Окончательно для расчета перемещения летучки по лопасти получим выражение:

определится из условия  $x = \ell = AB$ . Или:

Уравнение (21) трансцендентное, его можно решить только численно. Подставляя полученное в результате решения зна-

$$v_c = -\frac{g}{\omega} \cos(\omega t_c - \beta) - \frac{gf}{\omega} \sin(\omega t_c - \beta) - \omega^2 R t_c \cos \beta + \frac{g}{\omega} (\cos \beta - f \sin \beta). \quad (22)$$

Зная  $t_c$ , можно также определить координату точки схода летучки с лопасти. Для этого сначала определим угол поворота барабана в момент схода летучки:

$$\alpha_c = \alpha_{\text{пред}} + \omega t_c \quad (23)$$

и угол наклона лопасти в этот момент:

$$\gamma_c = \alpha_c + \beta. \quad (24)$$

Координаты точки А в системе координат ХОУ будут:

$$\begin{aligned} X_A &= R \cos(\pi - \alpha_c), \\ Y_A &= R \sin(\pi - \alpha_c). \end{aligned} \quad (25)$$

Координаты точки В в той же системе координат будут:

$$\begin{aligned} X_B &= X_A + \ell \cos \gamma_c, \\ Y_B &= Y_A - \ell \sin \gamma_c. \end{aligned} \quad (26)$$

Полученные зависимости представляют собой математическую модель движения летучки хлопка-сырца по лопасти сушилки. Они позволяют провести анализ ее движения в ходе технологического процесса и обоснованно подойти к выбору конструктивных параметров барабана.

## ВЫВОДЫ

Разработана математическая модель движения летучки хлопка-сырца по поверхности лопасти сушилки, позволяющая обосновать конструктивные параметры барабана хлопковой сушилки.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Иброгимов Х.И., Корабельников Р.В., Сафаров Ф.М. Моделирование процесса очистки хлопка-сырца // Вестник Таджикского технического университета. – 2010. Т. 3...7, №7. С. 24...26.
2. Зулфганов С.З., Сафаров Ф.М., Рудовский П.Н. Влияния физико-механических свойств хлопка и технология его переработки на производи-

чение  $t_c$  в (15) с учетом значения константы из (17), найдем относительную скорость летучки в момент схода ее с лопасти:

тельность валичного джина // Вестник Таджикского технического университета. – 2014. Т. 2, № 26. С. 14...17.

3. Газиева С.А., Курбонов Б.Д., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н. Изменение структурного показателя хлопка-сырца по технологическим переходам его переработки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2013, № 5. С. 131...135.

4. Иброгимов Х.И., Корабельников Р.В. Теория процессов, технологии подготовки хлопка-сырца к дженированию. – Кострома, 2009.

5. Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М., 1972.

6. Болтабоев С.Д., Парпиев А.П. Сушка хлопко-сырца. – Ташкент: "Укитувчи", 1980.

7. Патент на изобретение ТЖ390. Сушильный агрегат для хлопко-сырца с криволинейными лопастями / Иброгимов Х.И., Исмаев И.А., Газиева С. – 12.10.2010.

## REFERENCES

1. Ibrogimov H.I., Korabel'nikov R.V., Safarov F.M. Modelirovanie processa ochistki hloпка-syrca // Vestnik Tadzhijskogo tehničeskogo universiteta. – 2010. T. 3...7, №7. S. 24...26.
2. Zul'fanov S.Z., Safarov F.M., Rudovskij P.N. Vlijanija fiziko-mehaničeskikh svojstv hloпка i tehnologija ego pererabotki na proizvoditel'nost' valičnogo dzhina // Vestnik Tadzhijskogo tehničeskogo universiteta. – 2014. T. 2, № 26. S.14...17.
3. Gazieva S.A., Kurbonov B.D., Nurov M.Je., Ibrogimov H.I., Rudovskij P.N. Izmenenie strukturnogo pokazatelja hloпка-syrca po tehnologičeskim perehodam ego pererabotki // Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti. – 2013, № 5. S. 131...135.
4. Ibrogimov H.I., Korabel'nikov R.V. Teorija processov, tehnologii podgotovki hloпка-syrca k dzhinirovaniju. – Kostroma, 2009.
5. Miroschnichenko G.I. Osnovy proektirovanija mashin pervichnoj obrabotki hloпка. – M., 1972.
6. Boltaboev S.D., Parpiev A.P. Sushka hloпка-syrca. – Tashkent: "Ukituvchi", 1980.
7. Patent na izobretenie TЖ390. Sushil'nyj agregat dlja hloпка-syrca s krivolinejnymi lopastjami / Ibrogimov H.I., Ismatov I.A., Gazieva S. – 12.10.2010.

Рекомендована кафедрой инженерной графики, теоретической и прикладной механики. Поступила 31.03.15.