

УДК 677.01

DOI 10.47367/0021-3497\_2022\_4\_166

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЛЕТУЧЕК  
С КОЛОСНИКАМИ ОЧИСТИТЕЛЯ**

**INVESTIGATION OF THE INTERACTION OF VOLTS  
WITH CLEANER GRATES**

*Р.Х. РОСУЛОВ*

*R.KH. ROSULOV*

(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан)

(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan)

E-mail: rasulov.ruzmurad@mail.ru

*В статье проводится исследование взаимодействия летучек с колосниками очистителя хлопка-сырца от сорных примесей. Полученная формула позволяет найти угол между нормалью к поверхности и прядкой волокон, связывающих летучку с пильчатый барабаном. Зная угол между прядкой волокон и вектором абсолютной скорости, можно легко рассчитать углы падения и отражения летучки для любого профиля колосника.*

*The article examines the interaction of volatiles with grates of raw cotton cleaner from weeds. The resulting formula allows you to find the angle between the surface normal and the strand of fibers connecting the flywheel to the serrated drum. Knowing the angle between the strand of fibers and the vector of absolute speed, one can easily calculate the angles of incidence and reflection of the fly for any grate profile.*

**Ключевые слова:** летучка, колосниковая решетка, пильчатая гарнитура, эффективность, взаимодействия, радиус кривизны, центр вращения, пилка.

**Keywords:** fly, grate, serrated set, efficiency, interactions, radius of curvature, center of rotation, file.

Анализ научных исследований показал, что все теоретические и экспериментальные разработки основывались на изучении взаимодействия летучки хлопка-сырца с элементами модуля очистки.

Основными элементами секции очистки крупного сора очистителя хлопка-сырца от сорных примесей являются пильчатый барабан и колосниковая решетка. При очистке хлопка-сырца летучки насаживаются на

зубья пильчатого барабана и подвергаются ударно-встряхивающему воздействию колосниковых решеток, в результате чего нарушается связь между летучками и сором.

Из анализа проведенных исследований в Соединенных Штатах Америки [1...4]. видно, что зарубежные исследователи изучали вопросы совершенствования конструкций очистителей, их рабочих органов, скорости вращения рабочих органов и так далее.

Авторами [5] изучены вопросы параметры удара при взаимодействии летучки с поверхностью колосника.

В работах [6...8] изучено взаимодействие летучек и долек хлопка - сырца с пильчатой гарнитурой барабана и притирочной щеткой в модуле очистки, а также предложены разработки для повышения их эффективности в эксплуатации.

Ударный процесс взаимодействия летучки хлопка-сырца с колосниками в рабочей зоне модуля очистки рассмотрен в работе Бурнашева Р.З., Лугачева А.Е. и Фазылова С. [9], где экспериментальным путем исследованы и получены параметры удара при взаимодействии летучки с поверхностью колосника. Эта работа позволила подойти к разработке новых, эффективных, профилей колосниковых решеток.

Значительные теоретические и экспериментальные исследования процессов взаимодействия частицы хлопка с различными профилями колосников проведены в работе Фазылова С. [10].

В работе Олимова К.Т. и Джураева А. [11] была рассмотрена оптимизационная задача процесса взаимодействия частиц хлопка с колосниками на пружинных опорах в модуле очистителей крупного сора, что позволяет интенсифицировать процесс очистки за счет дополнительно возникающих ударно-встряхивающих воздействий в рабочей зоне очистителя. Работа так и не была доведена до промышленности.

В работах Агзамова М. [12] и Арипджанова М.С. [13] изучены процессы интенсификации сороотделения на вращающихся колосниках и получены положительные ре-

зультаты, но вместе с тем значительные динамические режимы и усложнения в кинематике привода не позволили реализовать предложения в промышленности.

Хаитовым Д.Р. [14] проведены исследования колосников с элементами скручивания на опорах, что несколько амортизирует и "смягчает" ударный процесс летучки о колосник, предотвращает забой хлопка-сырца между пильчатым барабаном и колосниками, однако быстротечность процесса взаимодействия хлопка с колосником в рабочей зоне очистителя и развивающиеся при этом упругопластические явления деформации хлопка-сырца снижают эффективность предложения.

В работе [15] составлены динамические и математические модели машинных агрегатов очистителя крупного сора ЧХ-5. А также составлена математическая модель движения летучек в рабочем органе очистителя крупного сора с учетом ударов летучек по колоснику в периодическом режиме. Аналитическими исследованиями получены законы движения летучек, а также соотношения, позволяющие найти области существования устойчивых режимов движения летучки.

Сорные примеси под действием центробежной силы и воздушного потока выпадают через зазоры колосниковых решеток [16], то есть происходит очистка хлопка сырца от сорных примесей. Для оптимизации процесса очистки необходимо изучить взаимодействие летучки с колосниками.

Современные очистители хлопка-сырца имеют высокую производительность и высокие скорости рабочих органов. Например, скорость пильчатого барабана очистительного агрегат УХК около 7м/с. Размеры же колосников и межколосниковые зазоры по сравнению с этой величиной малы, обычно 10...20 мм и 30...50 мм соответственно. Поэтому взаимодействие летучки хлопка-сырца с колосниками происходит за очень короткое время, обычно в пределах тысячной доли секунды.

При взаимодействии летучки хлопка-сырца с колосниками процессы деформации и восстановления происходят тоже в

тысячные доли секунды. Поэтому при взаимодействии летучки с колосником определяющим могут быть или динамика процесса, обусловленная деформацией и восстановлением летучки, или же кинематика процесса, обусловленная явлением охвата летучкой колосника и скольжением летучки по колоснику, в зависимости от разновидности, сорта, влажности хлопка-сырца, а также размеров и профилей колосников.

Рассмотрим процесс взаимодействия летучки с колосником в произвольной форме. Здесь мы рассмотрим процесс с точки зрения кинематики, т.е. без учета сил и деформаций.

Предположим, что известные параметры:  $R$  – радиус пильчатого барабана (мм);  $l$  – длина пряжки волокон связывающих летучку с зубьями пилки барабана (мм);  $r$  – радиус летучки (мм) (рис. 1 – пряжки волокон, связывающих летучку с зубьями пилки барабана).

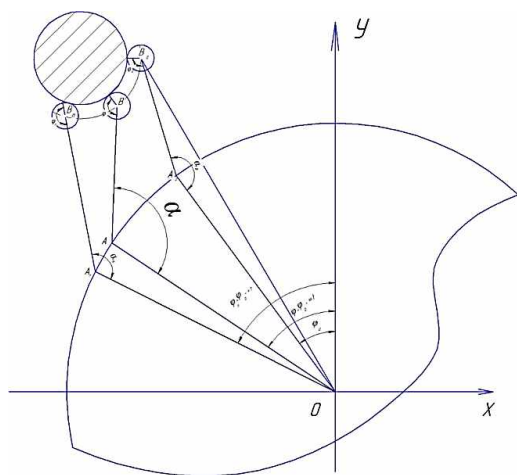


Рис. 1

Задана также функция профиля колосника:

$$f_1(x; y) = 0 \quad (1)$$

или функция его кривизны:

$$\rho(x; y) = 0. \quad (2)$$

Определим величину  $OB_0$ :

$$OB_0 = \sqrt{R^2 + l^2 - 2Rl \cos \alpha_0} = R. \quad (3)$$

Если профиль колосника задан в виде (1), то для упрощения расчетов переведем в (2) [17]:

$$\rho(x; y) = \frac{(1 + y'^2)^{3/2}}{|y''|} = \frac{[1 + f_1''(x)]^{3/2}}{|f_1''(x)|}. \quad (4)$$

Центр летучки при отсутствии деформации описывается эквидистантной кривой к колоснику и отстающий от него на величину  $r$ .

Эту кривую можно представить в виде:

$$\rho_3 = \rho(x; y) + r. \quad (5)$$

Дифференциальное уравнение этой кривой:

$$|y_3''| [\rho(x; y) + r] - (1 - y_3')^2 = 0. \quad (6)$$

Решение уравнения (6) численным или аналитическим способом позволяет найти кривую  $u_{экр}$  в общем виде.

В частных случаях эта задача упрощается и полученная функция имеет вид:

$$y_3 = f_3'(x). \quad (7)$$

Точка В до касания движется по окружности радиусом:

$$x^2 + y^2 = R_1^2. \quad (8)$$

Подставляя в (8) выражение  $R_1$  из (3), получим:

$$x^2 + y^2 - R^2 - l^2 + 2Rl \cos \alpha_0 = 0. \quad (9)$$

Совместное решение уравнений (7) и (9) позволяет найти  $B_0$  и В. Первое решение соответствует началу контакта летучки с колосником, а второе решение показывает момент выхода летучки из контакта, если летучка до этого не выйдет из контакта вследствие других факторов.

Поэтому следует задать из физики процесса закон:

$$\alpha(t) = 0. \quad (10)$$

Определяющими для  $V_n$  могут быть:

а) окончание удара  $\alpha(t_{уд})$ ,

б) выход с углом  $\varphi_n = \pi$ .

Находим  $\varphi_0$ :

$$\varphi_0 = \arctg \frac{-x_B}{y_B} + \frac{\pi}{2} + \arcsin \left[ \frac{\ell}{R_1} \sin \alpha_0 \right]. \quad (11)$$

Геометрическое место положения точки В можно найти из окружности с центром вращения, в точке А. Координаты точки А:

$$\left. \begin{aligned} y_A &= R \sin \varphi = R \sin(\varphi_0 + \omega t), \\ x_A &= R \cos \varphi = R \cos(\varphi_0 + \omega t). \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Уравнение геометрического места положений точки В:

$$(x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 - \ell^2 = 0. \quad (13)$$

Совместное решение уравнений (13) и (7) позволит найти координаты точки В ( $x_B$ ;  $y_B$ ):

$$\left. \begin{aligned} y_B &= \bar{f}_3(x), \\ (x - x_A)^2 + (y - y_A)^2 - \ell^2 &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

По этим координатам находим  $R_1$ :

$$x_B^2 + y_B^2 = R_B^2. \quad (15)$$

Затем находим

$$\alpha = \arccos \frac{R^2 + \ell^2 + R_1^2}{2R\ell}. \quad (16)$$

Напишем уравнение нормали к поверхности колосника в точке контакта:

$$Y - y = -\frac{1}{f'(x)}(X - x). \quad (17)$$

Или после преобразования получим:

$$(Y - y)y_B + (X - x)x_B = 0, \quad (18)$$

где  $x, y$  – координаты кривой;  $X, Y$  – координаты нормали к этой кривой.

Уравнений прямой АВ:

$$\frac{X - x_B}{x_A - x_B} = \frac{Y - y_B}{y_A - y_B}. \quad (19)$$

Перепишем (6) и (9) в виде:

$$y = kx + b, \quad (20)$$

$$y = -\frac{x'_B}{y'_B} X + \frac{x_B x'_B}{y'_B} + y_B; k = -\frac{x'_B}{y'_B}, \quad (21)$$

$$\frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} (X - x) = Y - y_B, \quad (22)$$

$$Y = \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} X - \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} x_A + y_B, \quad (23)$$

$$k_2 = \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B}. \quad (24)$$

Определим угол  $\psi$  между нормалью к кривой  $y = f(x)$  и прядкой волокон, связывающих летучку с зубьями пилки барабана.

Из [17] известна формула определения угла между двумя прямыми. Подставляя в эту формулу значения  $k_1$  и  $k_2$ , получим:

$$\psi = \pi - \arctg \frac{\frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} + \frac{x'_B}{y'_B}}{1 + \frac{x'_B (y_A - y_B)}{y'_B (x_A - x_B)}}. \quad (25)$$

## ВЫВОДЫ

1. Полученная формула позволяет найти угол между нормалью к поверхности и прядкой волокон, связывающих летучку с пальчатым барабаном.

2. Зная угол между прядкой волокон и вектором абсолютной скорости, можно легко рассчитать углы падения и отражения летучки [18] для любого профиля колосника.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Code of Federal Regulations (CFR). 2010. Method 201A—Determination of PM10 and PM2.5 emissions from stationary sources (Constant sampling rate procedure). 40 CFR 51, Appendix M. Available at

<http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate/m-201a.pdf> (verified 19 Aug. 2013).

2. Environmental Protection Agency (EPA). 1989. Particulate sampling in cyclonic flow. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. Available online at <http://www.epa.gov/ttn/emc/guidlnd/gd-008.pdf> (verified 19 Aug. 2013).

3. Environmental Protection Agency (EPA). 2010. Frequently asked questions (FAQS) for Method 201A [Online]. Available at <http://www.epa.gov/ttn/emc/methods/method201a.html> (verified 19 Aug. 2013).

4. National Agricultural Statistics Service (NASS). 1993-2012. Cotton Ginnings Annual Summary [Online]. USDA National Agricultural Statistics Service, Washington, DC. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1042> (verified 19 Aug. 2013).

5. Rosulov R.Rh., Saphoyev A.A. To the Problem of Clearing of Hard-grades Raw Cotton // Journal Textile Science & Engineering. – 2015. Volume 5. Issue 2. ISSN: 2165-8064.

6. Мирошниченко Г.И. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. – М.: Машиностроение, 1972.

7. Бурнашев Р.З., Мирошниченко Г.И., Лугачев А.Е., Фазылов С. К вопросам закрепления хлопка-сырца на пильчатой поверхности очистителя крупного сора // Сб. Механическая технология волокнистого материала. – 1987, №31. Ташкент: ТПИ. С.24...30.

8. Лугачев А.Е., Фазылов С., Бурнашев Р.З. О закреплении хлопка-сырца на пильчатой поверхности очистителя // Сб.: Хлопковая промышленность. – Ташкент, 1978, №6. С. 16...18.

9. Бурнашев Р.З., Лугачев А.Е., Фазылов С. Экспериментальное исследование ударного взаимодействия летучек хлопка-сырца с колосником очистителя крупного сора // Сб.: Хлопковая промышленность. – Ташкент, 1980, №1. С. 7...8.

10. Фазылов С. Колосниковые узлы очистителей хлопка-сырца от крупных сорных примесей с регулируемыми параметрами: Дис...канд. тех. наук. – Ташкент, 1985.

11. Олимов К.Т. Разработка и обоснование параметров колосников на упругих опорах очистителей хлопка-сырца от крупных сорных примесей: Дис...канд. тех. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 1998.

12. Аззамов М. Повышение эффективности очистки хлопка-сырца машинного сбора в пильчатых секциях очистителей: Дис...канд. тех. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 1985.

13. Арипжанов М.С. Влияние формы колосников и скоростного режима работы на процесс очистки хлопка-сырца в пильчатых очистителях: Дис...канд. тех. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 1984.

14. Хаитов Д.Р. Повышение эффективности очистки хлопка-сырца совершенствованием рабочих органов очистителей крупного сора: Дис...канд. тех. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 1990.

15. Холмирзаев Ж.З. Динамика машинных агрегатов и рабочего органа очистителя ЧХ-5: Дис...канд. техн. наук. – Ташкент, 1999.

16. Джаббаров Г.Д., Болтабоев С.Д., Котов Д.А., Соловьев Н.Д. Первичная обработка хлопка. – М.: Легкая индустрия, 1978.

17. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. Государственное издательство физико-математической литературы. – М., 1962.

18. Будин Е.Ф. Исследование колосниково-пильчатых рабочих органов очистителей хлопка-сырца машинного сбора средневолокнистых сортов: Дис...канд. тех. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 1968.

## REFERENCES

1. Code of Federal Regulations (CFR). 2010. Method 201A—Determination of PM10 and PM2.5 emissions from stationary sources (Constant sampling rate procedure). 40 CFR 51, Appendix M. Available at <http://www.epa.gov/ttn/emc/promgate/m-201a.pdf> (verified 19 Aug. 2013).

2. Environmental Protection Agency (EPA). 1989. Particulate sampling in cyclonic flow. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC. Available online at <http://www.epa.gov/ttn/emc/guidlnd/gd-008.pdf> (verified 19 Aug. 2013).

3. Environmental Protection Agency (EPA). 2010. Frequently asked questions (FAQS) for Method 201A [Online]. Available at <http://www.epa.gov/ttn/emc/methods/method201a.html> (verified 19 Aug. 2013).

4. National Agricultural Statistics Service (NASS). 1993-2012. Cotton Ginnings Annual Summary [Online]. USDA National Agricultural Statistics Service, Washington, DC. Available at <http://usda.mannlib.cornell.edu/MannUsda/viewDocumentInfo.do?documentID=1042> (verified 19 Aug. 2013).

5. Rosulov R.Rh., Saphoyev A.A. To the Problem of Clearing of Hard-grades Raw Cotton // Journal Textile Science & Engineering. – 2015. Volume 5. Issue 2. ISSN: 2165-8064.

6. Miroshnichenko G.I. Fundamentals of designing machines for primary processing of cotton. – Moscow: Mechanical Engineering, 1972.

7. Burnashev RZ, Miroshnichenko GI, Lugachev AE, Fazylov S. On the issues of fixing raw cotton on the serrated surface of the coarse litter cleaner // Coll. Mechanical technology of fibrous material. – № 31, TPI, Tashkent, 1978. P. 24...30.

8. Lugachev A.E., Fazylov S., Burnashev R.Z. On fixing raw cotton on the serrated surface of the cleaner // Coll. Cotton industry. – Tashkent, 1978, №6. P.16...18.

9. Burnashev RZ, Lugachev AE, Fazylov S. Experimental study of the impact interaction of raw cotton volatiles with a grate of a large litter cleaner // Sat. Cotton industry. – Tashkent, 1980, № 1. P. 7...8.

10. Fazylov S. Grizzly nodes of raw cotton cleaners from large trash impurities with adjustable parameters: Dis...cand. tech. sciences. – Tashkent, 1985.

11. Olimov K.T. Development and substantiation of the parameters of grates on elastic supports for cleaners of raw cotton from large weeds: Dis.... cand. techn. sciences. – Tashkent: TITLP, 1998.

12. Agzamov M. Improving the efficiency of cleaning raw cotton machine collection in the saw sections of the cleaners: Dis....cand. tech. sciences. – Tashkent: TITLP, 1985.

13. Aripzhanov M.S. The influence of the shape of the grate and the high-speed operating mode on the process of cleaning raw cotton in barbed cleaners: Dis. ... cand. tech. sciences. – Tashkent: TITLP, 1984.

14. Khaitov D.R. Increasing the efficiency of cleaning raw cotton by improving the working bodies of cleaners of large litter: Dis.... cand. tech. sciences. – Tashkent: TITLP, 1990.

15. Kholmiraev Zh.Z. Dynamics of machine units and working body of the CHH-5 cleaner: Dis.... cand. tech. sciences. – Tashkent, 1999.

16. Jabbarov G.D., Boltaboev S.D., Kotov D.A., Soloviev N.D. Primary processing of cotton. – Moscow, Light Industry, 1978.

17. Vygodsky M.Ya. Handbook of Higher Mathematics. State publishing house of physical and mathematical literature.– Moscow, 1962.

18. Budin E.F. Investigation of grate-serrated working bodies of raw cotton purifiers for machine harvesting of medium-fiber varieties: Diss... cand. tech. sciences. – Tashkent: TITLP, 1968.

Рекомендована кафедрой технологических машин и оборудования. Поступила 12.08.22.