

УДК 677.021.152
DOI 10.47367/0021-3497_2023_1_120

**АНАЛИЗ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТУЧКИ В ЗОНЕ
МЕЖДУ СЫРЦОВЫМ ВАЛИКОМ И ГАРНИТУРОЙ ПИЛЬНОГО ЦИЛИНДРА
ПРИДЕЙСТВИИ ПЕРЕМЕННОЙ КОНТАКТНОЙ СИЛЫ**

**ANALYSIS OF THE FLY MOVEMENT IN THE AREA
BETWEEN THE RAW ROLLER AND THE SAW CYLINDER
UNDER THE ACTION OF A VARIABLE CONTACT FORCE**

М.Х. АХМЕДОВ, Т.О. ТУЙЧИЕВ, А.Ф. ПЛЕХАНОВ²

M.Kh. AKHMEDOV, T.O. TUYCHIEV, A.F. PLEKHANOV²

**(Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,
Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))**

**(Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Republic of Uzbekistan,
Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))**

E-mail: mx.axmedov@mail.ru, timur.tuychiev@mail.ru, vonahelp@mail.ru

В статье изучено движение летучки в зоне контакта ее с гарнитурой пильного цилиндра при реализации законов взаимодействия летучки с зубьями гарнитуры. Вид законов взаимодействия при этом зависит от величины силы контакта. В начальном участке зоны контакта контактная сила линейно зависит от перемещения. Далее контактная сила начинает

уменьшаться, что приводит к отрыву волокон с поверхности семян. На основе анализа результатов часовых расчетов установлено, что с ростом числа зубьев, количество захватываемых волокон, абсолютное перемещение летучки интенсивно растет, при этом, в зависимости от числа зубьев, относительное перемещение достигает максимального значения, а далее оно начинает падать, что означает начало торможения летучки относительно барабана.

The article studies the movement of the flyer in the zone of its contact with the saw cylinder headset when implementing the laws of the flyer interaction with the headset teeth. The form of the interaction laws in this case depends on the magnitude of the contact force. In the initial section of the contact zone, the contact force depends linearly on the displacement. Further, the contact force begins to decrease leading to the separation of the fibers from the seeds surface. Based on the analysis of the hourly calculations results, it was found that with an increase in the number of teeth, captured fibers, the absolute movement of the flyer increases intensively, while depending on the number of teeth, the relative displacement reaches its maximum value, and then it starts to fall, which means the start of deceleration of the flyer relative to the drum.

Ключевые слова: хлопок, летучка, волокна, семена, сырцовый валик, пильный цилиндр, зуб.

Keywords: cotton, fly, fibers, seeds, raw roller, saw cylinder, tooth.

Введение

Механическое отделение волокна от семян при помощи зубьев пил происходит в зоне их взаимодействия с сырцовым валиком и колосниками в рабочей камере пильных джинов [1]. Процесс оголения семян происходит в результате многократного воздействия зубьев пил на летучки, т.е. многократного захвата и отрыва волокон зубьями пил [2].

Теоретические и экспериментальные исследования, выполненные в Ташкентском текстильном институте и «Пахсаноатилмиймаркази» АЖ Б.А.Левковичем, Н.Г. Гулидовым, Г.И. Болдинским, П.Н. Тютинным, наместили некоторые пути обоснования рационального профиля зуба пилы и его захватывающей способности [3...8].

Изучая сырцовый валик в комплексе с работой джиновой пилы, установили, что волокно располагается у вершины зуба пилы, но не все зубья активны в работе [9].

В работе [10] установлено, что только часть зубьев пилы участвует в захвате волокна.

Другие [11...13] предполагают, что начало взаимодействия летучки с силой происходит в зоне семенной гребенки. В точке встречи летучки с пилой абсолютная скорость сырцового валика V_B составляет около 2 м/с. При скорости пилы $V=12$ м/с относительная скорость составляет примерно 10 м/с.

Из рис. 1 (схема контакта зубьев пилы с сырцовым валиком в зоне семенной гребенки по Г. И. Болдинскому) видно, что волокно, внедряясь по впадине под углом j , может располагаться на передней грани у ее вершины в пределах ВА.

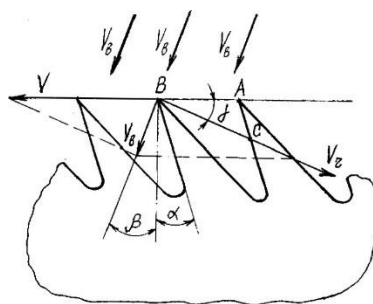


Рис. 1

Попытки увеличить захватывающую способность за счет увеличения значений α , j и t не дали ожидаемых результатов. Увеличение шага t сверх стандартного значения ведет к повышению раздробленности семян, увеличение угла α ведет к нарушению съема волокна. Значение угла j зависит от скорости пилы V , скорости сырцового валика V_b и направления данной скорости.

Увеличение количества волокна, захватываемого зубьями за одно касание, приводит к уменьшению среднего времени пребывания семян в рабочей камере [14...16]. Следовательно, уменьшаются масса и плотность сырцового валика, которые приводят к улучшению качества волокна и семян.

Анализ существующих конструкций пильных джинов, исследований, посвященных их совершенствованию, показал, что современное оборудование недостаточно эффективно в свете возрастающих требований к производительности и качеству волокна [17], [18]. Недостаточно изучен вопрос выделения оголенных семян из рабочей камеры и джинирования хлопка-сырца при оптимальных параметрах, уменьшающих уплотненность сырцового валика при повышенной производительности джина.

Теоретические исследования

Процесс отделения волокна от семян летучки хлопка-сырца зубьями пил происходит в зоне ее взаимодействия с сырцовым валиком и гарнитурой пильного цилиндра [1]. В зависимости от величин силы контакта, скорости цилиндра и массы летучки закон взаимодействия имеет различный характер. При этом, в результате снижения скорости семян, часть волокна может отделяться даже в начальном участке зоны контакта, либо они могут продолжить движение до места расположения колосниковой решетки. В связи с этим рассмотрим следующую задачу о движении летучки массой m после входа ее в зону контакта сырцового валика с гарнитурой пильного цилиндра. При этом летучка движется под действием растягивающих сил прядок, захваченных зубьями пильного цилиндра. На поверхность летучки со стороны сырцового валика действует контактная сила, возрастаю-

щая по мере движения летучки в зоне контакта.

Составим уравнение движения летучки в этой зоне, принимая систему прядок волокон в виде растяжимого упругого элемента. В этих предложениях уравнение движения летучки по рис. 2 (схема движения летучки в начале зоны между сырцовым валиком и гарнитурой), записывается в виде:

$$mR\ddot{\varphi} = F_1(t, \varphi, \dot{\varphi}) - mg \cos(\varphi_0 + \varphi) - F_2(t, \varphi, \dot{\varphi}), \quad (1)$$

$$F_1 = k_1 u \text{ при } 0 \leq u \leq u_{np}, F_1 = \frac{F_{np}}{u_* - u_{np}} (u_* - u).$$

где R – радиус пильного цилиндра; φ – угол поворота центра летучки; $F_1(t, \varphi, \dot{\varphi})$ – сила взаимодействия захваченных зубьями систем волокон при растяжении; φ_0 – начальный угол входа летучки в зону взаимодействия; $F_2(t, \varphi, \dot{\varphi})$ – действующая на летучку контактная сила на поверхности сырцового валика.

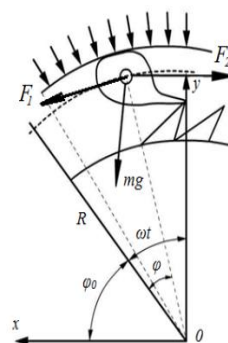


Рис. 2

Вид функций $F_2(t, \varphi, \dot{\varphi})$, $F_2(t, \varphi, \dot{\varphi})$ зависит от выбора моделей взаимодействий зубьев цилиндра и сырцового валика с летучкой.

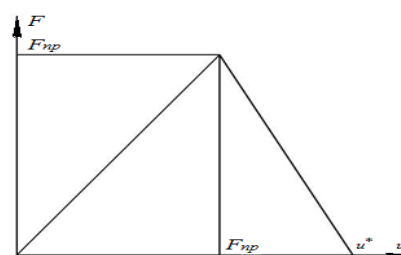


Рис. 3

В данной работе считаем, что в процессе захвата зубьями волокон летучки сила взаимодействия сначала увеличивается по линейному закону от относительного перемещения летучки до предельного значения F_{np} (период интенсивного роста сопротивления волокон) и далее, в результате отрыва отдельных волокон с поверхности семян, эта сила уменьшается также по линейному закону (период снижения сопротивления волокон) и обращается в ноль при некотором значении относительного перемещения u_* (рис. 3 – зависимость силы взаимодействия зубьев барабана от относительного перемещения летучки).

Заменив систему волокон в каждом периоде взаимодействия их с зубьями пыльного цилиндра, зависимость силы растяжения от относительного перемещения летучки можно представить в виде:

$$\text{при } u_{np} \leq u \leq u_*, F_1 = 0 \text{ при } u \leq u_*, \quad (2)$$

где $u = R(\omega t - \varphi)$, $u_{np} = \frac{F_{np}}{k_1}$; ω – угловая скорость пыльного цилиндра; k_1 и k_2 – коэффициенты жесткости упругих элементов соответственно в периодах роста и снижения сопротивления волокон при растяжении. Значение этих коэффициентов зависит от количества зубьев, захватывающих волокна. Поэтому в расчетах полагаем $k_1 = k_{10}n_1$, $k_2 = k_{20}n_2$, где k_{10} и k_{20} – коэффициенты жесткости при захвате волокон одним зубом; n_1 и n_2 – количество зубьев пыльного цилиндра.

Контактную силу между летучкой и сырцовым валиком определяем согласно закону сухого трения Кулона:

$$F_2 = fm[R\omega^2 - g \sin(\varphi_0 + \varphi)], \quad (3)$$

где f – коэффициент трения между летучкой и сырцовым валиком.

Уравнение (1) с учетом (2) и (3) приведем к виду (4):

$$\ddot{\varphi} + \omega_1^2 \varphi = \omega_1^2 \omega t - f \left[\omega^2 - \frac{g}{R} \sin(\varphi_0 + \varphi) \right] - \frac{g}{R} \cos(\varphi_0 + \varphi) \text{ при } 0 < t < t_{np}, \quad (4)$$

где $\omega_1 = \sqrt{\frac{k_1}{m}}$, t_{np} – время завершения первого периода взаимодействия зубьев с летучкой, определяемое из условия

$$\omega t_{np} - \varphi(t_{np}) = u_{np}.$$

Рассмотрим возможные случаи движения летучки после захвата ее зубьями барабана. Полагая в уравнении (4) $\varphi = 0$, установим знак ускорения при $t = 0$:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi}(0) &= \frac{g}{R} (f \sin \varphi_0 - \cos \varphi_0) - f \omega^2 = \\ &= \frac{g}{R} \left(f \sin \varphi_0 - \cos \varphi_0 - f \frac{R \omega^2}{g} \right). \end{aligned} \quad (5)$$

Видно, что $\ddot{\varphi}(0) < 0$ при $\varphi_0 < \varphi_1 = \arctg f$ для любых значений φ . Если $\varphi_0 < \varphi_1$, то $\ddot{\varphi}(0) < 0$ при $\omega > \omega_*$ и $\ddot{\varphi}(0) < 0$ при $\omega < \omega_*$,

где

$$\omega_* = \sqrt{\frac{g}{Rf}} (f \sin \varphi_0 - \cos \varphi_0). \quad (6)$$

Решение уравнения (4) с начальными условиями $\varphi = 0$, $\dot{\varphi} = 0$ при $t=0$ в замкнутом виде не представляется возможным, поэтому рассмотрим малые значения угла φ , полагая:

$$\begin{aligned} \sin(\varphi_0 + \varphi) &\approx \sin \varphi_0 + \varphi \cos \varphi_0, \\ \cos(\varphi_0 + \varphi) &\approx \cos \varphi_0 - \varphi \sin \varphi_0 \end{aligned}$$

получаем:

$$\begin{aligned} \ddot{\varphi} + \left[\omega_1^2 - \frac{g}{R} (f \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0) \right] \varphi = \\ = \omega_1^2 \omega t + \frac{g}{R} \left[f \sin \varphi_0 - \cos \varphi_0 - f \frac{R \omega^2}{g} \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

В дальнейшем полагаем:

$$\omega_1 > \sqrt{\frac{g}{R} (f \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0)}. \quad (8)$$

Пусть $\varphi_0 < \varphi_1$.

Полагая $\omega_0^2 = \omega_1^2 - \frac{g}{R} (f \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0)$, $a^2 = \left[\frac{g}{R \omega^2} (f \sin \varphi_0 - \cos \varphi_0) - f \right]$, имеем:

$$\ddot{\varphi} + \omega_0^2 \varphi = \omega_1^2 \omega t - \omega^2 a^2. \quad (9)$$

Решение этого уравнения с нулевыми начальными условиями имеет вид:

$$\varphi = \frac{\omega_1^2}{\omega_0^2} \left[-a^2 \frac{\omega^2}{\omega_1^2} (1 - \cos \omega_0 t) + \frac{\omega}{\omega_0} (\omega_0 t - \sin \omega_0 t) \right]. \quad (10)$$

На рис. 4 и 5 представлены кривые зависимостей абсолютного $v = R\varphi(t)$ (рис. 4) и относительного $u = R\omega t - v$ (рис. 5) перемещений центра масс летучки по времени t для различных значений n_1 (рис. 4 и 5): кривая 1 – $n_1 = 5$; 2 – $n_1 = 10$; 3 – $n_1 = 15$.

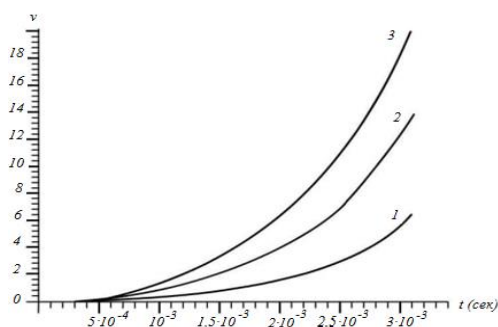


Рис. 4

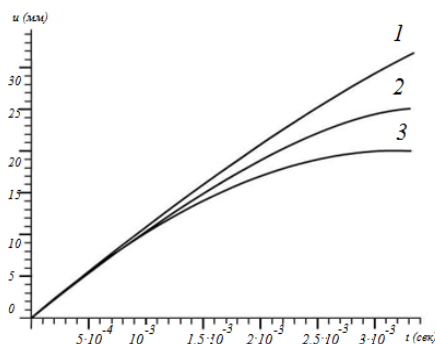


Рис. 5

Анализ кривых показывает, что с ростом числа n_1 абсолютное перемещение летучки интенсивно растет, при этом наблюдается снижение перемещения летучки относительно вращающегося пильного цилиндра. При этом для значения $n_1=15$ (рис. 5, кривая 3) относительная скорость летучки достигает в некоторый момент времени $t < t_0$ максимального значения, далее она падает, что означает начало торможения летучки относительно пильного цилиндра.

Пусть при $t = t_{np} < t_0$ относительное перемещение летучки принимает значение $u = u_{np}$ ($F_1 = F_{np}$) и начинается отделение волокон от поверхности семени, в результате чего снижаются силы взаимодействия волокон с зубьями пильного цилиндра. При $t > t_{np}$ уравнение движения летучки

В расчетах форма летучки принята в виде шара радиусом $R_{ш} = 12,5$ мм, а плотность массы хлопка сырца – $\rho = 60$ кг/м³. При этом масса летучки вычислялась: $m = 4\pi R_{ш}^3 / 3$. Кроме того, значения других параметров были равны $\omega = 75$ с⁻¹, $f = 0,2$, $R = 0,16$ м, $k_{10} = 10$ н/м. Кривые построены для различных значений количества взаимодействующих с волокном зубьев n_1 . Время завершения процесса взаимодействия определялось по формуле $t = t_0 = \ell / \omega$, где ℓ – длина зоны контакта пильного цилиндра с сырцовым валиком.

хлопка-сырца $\varphi = \varphi_1(t)$ с учетом (2) можно представить в виде:

$$\ddot{\varphi}_1 - \omega_2^2 \varphi_1 = \omega_1^2 c - \omega_*^2 \omega t, \quad (11)$$

где

$$\omega_2 = \sqrt{\omega_*^2 + b^2}, \quad \omega_* = \omega_1 \sqrt{\frac{u_{np}}{u_* - u_{np}}},$$

$$b = \sqrt{\frac{g}{R}} (f \cos \varphi_0 - \sin \varphi_0), \quad (12)$$

$$c = \frac{g}{R\omega^2} (f \sin \varphi_0 - \cos \varphi_0) - f + \frac{\omega_*^2 u_*}{\omega^2 R}. \quad (13)$$

Решение уравнения (13) с начальными условиями $\varphi_1 = \varphi_{10} = \varphi(t_{np})$, $\dot{\varphi}_1 = \dot{\varphi}_{10} = \dot{\varphi}(t_{np})$ при $t = t_{np}$ можно представить в виде:

$$\varphi = \left(c \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} + \frac{\omega_*^2}{\omega_2^2} \omega t_{np} + \varphi_{10} \right) \text{ch} \omega_2 (t - t_{np}) + \left(\frac{\omega_*^2}{\omega_2^2} \frac{\omega}{\omega_2} + \frac{\varphi_{10}}{\omega_2} \right) \text{sh} \omega_2 (t - t_{np}) - c \frac{\omega_1^2}{\omega_2^2} + \frac{\omega_*^2}{\omega_2^2} \omega t. \quad (14)$$

ВЫВОДЫ

С ростом количества зубьев, захватывающих летучку, абсолютное перемещение летучки интенсивно растет, при этом наблюдается снижение перемещения летучки относительно вращающегося пильного цилиндра. При этом для значения 15 захватывающих зубьев относительная скорость летучки достигает в некоторый момент времени $t < t_0$ максимального значения, далее она падает, что означает начало торможения летучки хлопка-сырца относительно пильного цилиндра.

ЛИТЕРАТУРА

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

2. Ahmedov M., Shoraxmedova M., Tuychiev T., Tashpulatov D., Cherunova I. (2021, December). Physical and mathematical modeling of the moving the raw cotton between directing wall and area ginning seeds // Journal of Physics: Conference Series. – (Vol. 2131, №3, p. 032056). IOP Publishing.

3. Madumarov I., Ruzmetov R., Tuychiev T., Ismoilov A. Experimental results of an improved supplier in the production process and transportation // X International Scientific Siberian Transport Forum. Transportation Research Procedia. – 63 (2022) 2998–3004.

4. Ahmedov M.X., Sulaymonov R.Sh., Mardonov B.M., Tuychiev T.O. Modelling of interaction processes of a fibrous mass with a grate in the saw generation. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 8, Issue 1, January. 2021. ISSN: 2350-0328 P.16322-16327.

5. Salimov A.M., Wang Hua, Tuychiyev T.O., Madjidov Sh.A. Technology and Equipment for primary Cotton Processing / O'quv qo'llanma. Dounghua, Chin.– 2019. P.184. ISBN 978-7-5669-1576-4.

6. Mardonov B., Sulaymonov R.SH., Ahmedov M.X. Arrali jinda tolani ajratish va tashish jarayoni. “Paxta, to'qimachilik va yengil sanoat mahsulotlari sifatini ta'minlashning zamonaviy konsepsiyalari” mavzusida o'tkazilgan halqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Maqolalar to'plami. NamMTI. – Namangan. 2021. 22-23 aprel, I tom. 26-29 b.

7. Akhmedov M.Kh., Kurdenkova A.V., Bulanov Ya.I. Development of a theoretical model for the shear and compression of cotton fiber mass in the working chamber of a ginning machine // Fibre Chemistry. – Vol. 52, № 5, January, 2021, P. 377...382.

8. Ahmedov M.X., Tuychiev T.O., Ismoilov A.A., Xusanova Sh.A. Жинлаш ускунасининг таъминловчи қисми тарнови сиртидаги пахтахомашесининг ҳаракатини баҳолаш алгоритми // ФарПИ “Илмий-техникажурнали”. – 2021 йил 69-74 бет.

9. Ahmedov M.X., Tuychiev T.O., Xusanova Sh.A. Пахта хомашесини йўналтирувчи девор ва жинлаш соҳаси оралиғидаги ҳаракатини баҳолаш // ФарПИ “Илмий-техникажурнали”. – 2021 йил 20-25 бет.

10. Ahmedov M.X., Sulaymonov R.Sh., Tuychiev T.O. Influence on the technological characteristics of the working chamber profile saw gin and apron // Scientific and technical journal of NamET, – Vol. 6. Issue (3) 2021.P.179...184.

11. Сулаймонов Р.Ш., Ахмедов М.Х., Туйчиев Т.О. Аррали жин ишчи камераси профилининг ускунасининг технологик кўрсаткичларига таъсири // Ўзбекистон тўқимачилик муаммолари, 3-сон, 2021 йил, 12-19 бет.

12. Ahmedov M.X., Sulaymonov R.Sh., Tuychiev T.O. Толани тозалаш секциясига эга бўлган конструкцияли аррали жинларнинг таҳлили // Ўзбекистон тўқимачилик муаммолари. – 4-сон, 2021 йил, 19-27 бет.

13. Сулаймонов Р.Ш., Ахмедов М.Х., Ганпарова М.А., Туйчиев Т.О. Аррали жинларда тола йўқолишини камайтириш бўйича изланишлар // Journal of innovative research in textile and light industry. – №1, 2021 йил, 3-9 бет.

14. Патент DGU 03134. М.Х. Ахмедов, М.Д. Шорахмедова, М. Эргашов, А.Парпиев. Аррали жинда пахта хом-ашесини рационал ҳаракатини лойиҳалаш учун электрон дастур // 11.05.2015 йил.

15. Патент IAP 04980 Парпиев А.П., Джураев А.Дж., М.Х. Ахмедов, Пайзиев Б.Й. Наврузов Н.А. Арралижин // 24.10.2014 йил.

16. Ahmedov M. К моделированию ударного взаимодействия летучки хлопка-сырца с вращающимся пильным цилиндром // Проблемы текстиля. – 2011, №3. С.80...84.

17. Газиева С.А., Иброгимов Х.И., Исмаилов И.А., Плеханов А.Ф. Теоретическое исследование момента схода частицы хлопка-сырца с лопастей барабанной сушилки с применением математического аппарата Matlab // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, №4. С. 83...90.

18. Росулов Р.Х. Исследование взаимодействия летучек с колосниками очистителя // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, №4. С.166...171.

REFERENCES

1. Miroshnichenko G.I. Fundamentals of designing machines for the primary processing of cotton. – M.: Engineering. 1972.

2. M. Ahmedov, M. Shoraxmedova, T. Tuychiev, D. Tashpulatov, I. Cherunova. (2021, December). Physical and mathematical modeling of the moving the raw cotton between directing wall and area ginning seeds. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2131, No. 3, p. 032056). IOP Publishing.

3. I. Madumarov, R. Ruzmetov, T. Tuychiev, A. Ismoilov. Experimental results of an improved supplier in the production process and transportation // X International Scientific Siberian Transport Forum.

Transportation Research Procedia 63 (2022) 2998–3004.

4. M.X. Axmedov, R.Sh. Sulaymonov, B.M. Mardonov, T.O. Tuychiev. Modeling of interaction processes of a fibrous mass with a grate in the saw generation. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 8, Issue 1, January. 2021. ISSN: 2350-0328 - pp.16322-16327.

5. A.M. Salimov, Wang Hua, T.O. Tuychiyev, Sh.A. Madjidov. Technology and Equipment for primary Cotton Processing / O'quv qo'llanma. Dounghua, China, - 2019, P.184. ISBN 978-7-5669-1576-4.

6. B. Mardonov, R.SH. Sulaymonov, M.X. Axmedov. Arrali jinda tolani ajratish va tashish jarayoni. "Paxta, to'qimachilik va yengil sanoat mahsulotlari sifatini ta'minlashning zamonaviy konsepsiyalari" mavzusida o'tkazilgan halqaro ilmiy-amaliy konferensiya. Maqolalar to'plami. NamMTI. Namangan. 2021. April 22-23, I vol. 26-29 b.

7. M.Kh. Akhmedov, A.V. Kurdenkova, Ya.I. Bulanov. Development of a theoretical model for the shear and compression of cotton fiber mass in the working chamber of a ginning machine // Fiber Chemistry, Vol. 52, no. 5, January, 2021, pp. 377-382.

8. M.Kh. Akhmedov, T.O. Tuychiev, A.A. Ismoilov, Sh.A. Xusanova. Jinlash uskunasining ta'minlovchi qismi tarnovi sirtidagi paxta xomashyosining harakatini baholash algoritmi // FarPI "Ilmiy-tehnika journali", 2021 yil 69-74 bet.

9. M.Kh. Akhmedov, T.O. Tuychiev, Sh.A. Xusanova. Paxta xomashyosini yo'naltiruvchi devor va jinlash sohasi oralig'idagi harakatini baholash // FarPI "Ilmiy-tehnika journali", 2021 yil 20-25 bet.

10. M.X. Axmedov, R.Sh. Sulaymonov, T.O. Tuychiev. Influence on the technological characteristics of the working chamber profile saw gin and apron // Scientific and technical journal of NamIET, VOL 6 – Issue (3) 2021, pp 179-184.

11. R.Sh. Sulaymonov, M.Kh. Akhmedov, T.O. Tuychiev. Arrali jin ishchi kamerasi profilning

uskunaning texnologik ko'rsatkichlariga ta'siri // O'zbekiston to'qimachilik muammolari, 3-son, 2021 yil, 12-19 bet.

12. M.Kh. Akhmedov, R.Sh. Sulaymonov, T.O. Tuychiev. Tolani tozalash section siga ega bulgan designed by arrali zhinlarning tahlili // O'zbekiston to'qimachilik muammolari, 4-son, 2021 yil, 19-27 bet.

13. R.Sh. Sulaymonov, M.Kh. Akhmedov, M.A. Gapparova, T.O. Tuychiev. Arrali jinlarda tola yo'qolishini kamaytirish bo'yicha izlanishlar // Journal of innovative research in textile and light industry, No. 1, 2021, 3-9 bet.

14. Patent DGU 03134. M.Kh. Akhmedov, M.D. Shorakhmedova, M. Ergashov, A. Parpiev. Arrali jinda paxta xom-ashyosini ratsional xarakatini loyixalash uchun elektron dastur // 05/11/2015 yil.

15. Patent IAP 04980 Parpiev A.P. Juraev A.J. M.Kh. Akhmedov, Paiziev B.Y. Navruzov N.A. Arrali jin // 24.10.2014 yil.

16. M. Ahmedov. On modeling the impact interaction of a raw cotton fly with a rotating saw cylinder // Problems of textiles. No. 3, 2011, - p. 80-84.

17. S.A. Gazieva, Kh.I. Ibrogimov, I.A. Ismatov, A.F. Plekhanov. Theoretical study of discharge moment of raw cotton particles from the blades of drum dryer using the Matlab mathematical apparatus // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, №4 (400). P. 83...90.

18. R.Kh. Rosulov. Investigation of the interaction of volts with cleaner grates // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2022, №4 (400). P. 166...171.

Рекомендована кафедрой технологии первичной обработки натуральных волокон Ташкентского института текстильной и легкой промышленности. Поступила 21.12.22.