

УДК 677.21.051

DOI 10.47367/0021-3497\_2023\_2\_129

**АНАЛИЗ ПРОЦЕССА ПОДГОТОВКИ ХЛОПКА-СЫРЦА  
В ПИТАТЕЛЕ ОЧИСТИТЕЛЯ КРУПНОГО СОРА****ANALYSIS OF THE PREPARATION OF RAW COTTON  
IN THE FEEDERLITTER CLEANER**

М.Н. НУРИЕВ

M.N. NURIYEV

(Азербайджанский государственный экономический университет UNEC)

(Azerbaijan State Economic University UNEC)

E-mail: mehman62@mail.ru

*Для повышения эффективности очистки хлопка-сырца от сорных примесей необходима предварительная подготовка, улучшающая структуру хлопковой массы. Результатом подготовки является разукрупнение обрабатываемых частиц хлопка и увеличение их свободной поверхности. Обеспечить указанные процессы можно за счет введения дополнительных колковых валиков в состав питателя хлопкоочистительной машины. Дополнительные колковые валики должны иметь частоту вращения, большую, чем питающие валики. Это позволит обеспечить деформацию растяжения подаваемых в машину частиц хлопка. Получены формулы для расчета деформации в зависимости от конструктивно-технологических параметров питателя. В случае превышения деформации, допустимой по условиям разрушения частиц, происходит их разукрупнение. Разработаны рекомендации по выбору конструктивно-технологических параметров питателя. Экспериментально подтверждена способность питателя разукрупнять частицы хлопка, состоящие более чем из восьми летучек, что доказывает эффективность предложенного технического решения.*

*To increase the efficiency of cleaning raw cotton from weed impurities, preliminary preparation is necessary to improve the structure of the cotton mass. The result of the preparation is the disaggregation of the processed cotton particles and increase their free surface. These processes can be ensured by introducing additional peg rollers into the composition of the cotton gin feeder. Additional peg rollers must have a higher rotational speed than the feed rollers. This allows for tensile deformation of the cotton particles fed into the machine. Dependences are obtained that allow calculating the deformation depending on the design and technological parameters of the feeder. In the case of exceeding the deformation permis-*

*sible under the conditions of the particles destruction, they are disaggregated. Recommendations for the choice of structural and technological parameters of the feeder have been developed. The ability of the feeder to disaggregate cotton particles consisting of more than eight volatiles has been experimentally confirmed, which confirms the effectiveness of the proposed technical solution.*

**Ключевые слова:** хлопок-сырец, очистка хлопка, летучки хлопка, деформация хлопковой массы, колковый валик, разукрупнение частиц.

**Keywords:** raw cotton, cotton cleaning, cotton flyers, deformation of cotton mass, peg roller, disaggregation of particles.

Современные способы очистки хлопка-сырца с использованием виброактивных колосников [1, 2] предполагают хорошую степень подготовки материала к очистке, в частности, разукрупнение структуры хлопка, увеличение общей открытой поверхности хлопковых частиц за счет деформации структурных единиц и снижения их плотности [3].

Указанной цели можно достигнуть путем введения в конструкцию питателя дополнительной пары разрыхляющих валиков. Схема модернизированного устройства показана на рис.1-а. Питающие валики обычно представляют собой вал 1 с закрепленными на нем лопастями. Разрыхлительные валики 2 конструктивно выполнены в виде полрой трубы, на обечайке которой установлены колки – стальные стержни диаметром 12-15 мм и длиной 100-150 мм, направленные под углом к радиусу обечайки.

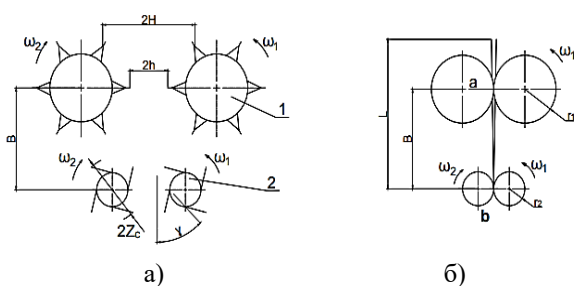


Рис. 1

На рис. 1 представлены конструктивная (а) и расчетная (б) схемы питающего устройства с системой направленного изменения технологических свойств хлопка-сырца: 1 – лопастные питающие валики; 2 – колковые разрыхлительные валики.

Хлопок, состоящий из комков, в состав которых входит от 3 до 20 и более летучек, подается в очиститель с некоторой скоростью, а разрыхлительные валики отбирают его из подаваемого слоя с большей скоростью.

Очевидно, что мелкие комки, состоящие из 3-4 летучек, не могут быть зажаты одновременно между питающими и разрыхлительными валами. Они проходят через питатель, не изменяя своей структуры. Более крупные комки хлопка оказываются зажаты в обеих парах одновременно. А так как скорость подачи хлопка ниже, чем скорость его отбора разрыхлительными валиками, происходит растяжение крупных комков. Если их деформация за время движения между линиями зажима превысит допускаемую деформацию разрыва, произойдет деление комков на более мелкие, т.е. будет достигнута цель – в очиститель начнет поступать масса хлопка с большей свободной поверхностью и более приспособленная к проведению процесса очистки.

Очевидно, что эффективность работы предлагаемого питателя зависит от ряда конструктивных параметров, таких, как расстояние между валами в каждой паре, расстояние между питающей и разрыхлительной парой валиков, их диаметр и частота вращения. Существенное влияние оказывают также параметры перерабатываемого слоя хлопка.

Оценим влияние указанных параметров на изменение структуры комков хлопка-сырца на выходе из питателя.

Примем, что питающие и разрыхлительные валики в сечении представляют

окружности радиусов  $r_1$  и  $r_2$ , проведенные по концам лопастей и колков соответственно. Частоту вращения питающих валиков обозначим  $\omega_1$ , а разрыхлительных –  $\omega_2$ .

Слой хлопка, каждый зажатый между валиками, не проскальзывает. Комок хлопка до вхождения в зону между парами валиков имел длину  $L_0$ . Расстояние между линиями зажима слоя хлопка в питающей и разрыхлительной парах обозначим  $B$ .

Комок хлопка, зажатый в точке  $a$  (рис. 1-б), движется со скоростью  $r_1\omega_1$  к разрыхлительным валикам до тех пор, пока его нижний конец не попадет в точку зажима  $b$ . С этого момента участок хлопка, зажатый в точке  $b$ , движется со скоростью  $r_2\omega_2$ . Поскольку  $r_2\omega_2 \gg r_1\omega_1$ , происходит нарастающее растяжение комка хлопка. Процесс завершается, когда рассматриваемый комок выйдет из зажима питающей пары валиков или когда комок разрушится.

Массу продукта, подаваемую в питатель и выходящую из него за время  $dt$ , можно определить по формулам:

$$dm_1 = \gamma_1 \omega_1 r_1 F_1 dt, \quad (1)$$

$$dm_2 = \gamma_2 \omega_2 r_2 F_2 dt, \quad (2)$$

где  $\gamma_1$  и  $\gamma_2$  – плотность хлопка-сырца до и после деформации;  $F_1$  и  $F_2$  – соответствующие площади поперечных сечений.

Очевидно, что  $\gamma_2(t)$  и  $F_2(t)$  изменяются в процессе деформации, т.е. являются функциями времени.

Массу хлопка между зажимами можно определить из выражения

$$m_b = \gamma_1 B F_1. \quad (3)$$

Элементарное изменение этой массы

$$dm_b = dm_1 - dm_2. \quad (4)$$

Подставив в (4) значения (1) и (2), а также  $m_b$  из (3), после интегрирования получим удлинение комка хлопка при прохождении его через питатель:

$$\gamma F = \gamma_1 F_1 \left[ \frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} + \left( 1 - \frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} \right) e^{-\frac{\omega_2 r_2}{B} t} \right]. \quad (5)$$

В полученном выражении индекс 2 у переменных  $\gamma_2(t)$  и  $F_2(t)$  опущен.

Используя (5), можно рассчитать относительную деформацию в функции времени:

$$\varepsilon(t) = \frac{1}{\frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} + \left( 1 - \frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} \right) e^{-\frac{\omega_2 r_2}{B} t}} - 1. \quad (6)$$

Относительное удлинение достигает максимума в момент времени

$$t = \frac{L_0 - B}{\omega_1 r_1}. \quad (7)$$

Значение максимума можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon_{\max} = \frac{1}{\frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} + \left( 1 - \frac{\omega_1 r_1}{\omega_2 r_2} \right) \exp\left[ -\frac{\omega_1 r_1 (B - L_0)}{\omega_2 r_2 B} \right]} - 1. \quad (8)$$

Из (8) видно, что деформируются только комки, длина которых превышает  $B$ . С увеличением исходной длины комка возрастает его деформация и вероятность разрыва такого комка.

Очевидным результатом анализа является зависимость максимальной деформации комков хлопка от соотношения скоростей подачи и выпуска слоя хлопка в питатель, т.е. от величины  $\frac{\omega_2 r_2}{\omega_1 r_1}$ .

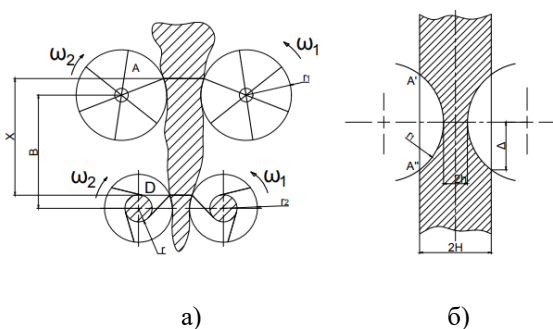


Рис. 2

Приведенная выше модель не учитывает деформацию слоя хлопка колками. Уточненная схема процесса приведена на рис. 2-а. В сечении А лопасти питающих валиков зажимают слой хлопка-сырца, а в сечении D, находящемся на расстоянии  $X$  от А, колки разрыхлительных валиков воздействуют на комок хлопка-сырца.

Слой хлопка (рис. 2-б) деформируется питающими валиками от величины  $2H$  до  $2h$ . При этом слой хлопка взаимодействует с валиками на дуге  $A'A''$ , в пределах которой слой хлопка-сырца сжимается лопастями.

Т.к. на каждом из питающих валиков имеется по шесть лопастей, то случай потери зажима слоя хлопка, при котором он не контролируется питающими валиками, является кратковременным и поэтому в данном анализе не рассматривается.

Из рис. 2-б видно, что половину хорды  $A'A''$  можно рассчитать по формуле

$$\Delta = \sqrt{r_1^2 + (r_1 - H + h)^2}. \quad (9)$$

Процесс взаимодействия колков со слоем хлопка-сырца состоит из трех этапов. Первый – от момента касания колком слоя хлопка до прекращения их взаимного относительного скольжения.

Хорда, соответствующая касанию колка поверхности слоя согласно рис. 3 (к определению момента касания колков слоя хлопка-сырца и условий прекращения скольжения волокнистого материала по поверхности колка), определится из соотношения

$$\Delta_1 = -r_2 \cos \gamma_0 = -\sqrt{r_2^2 - (r_2 - H + h')^2}. \quad (10)$$

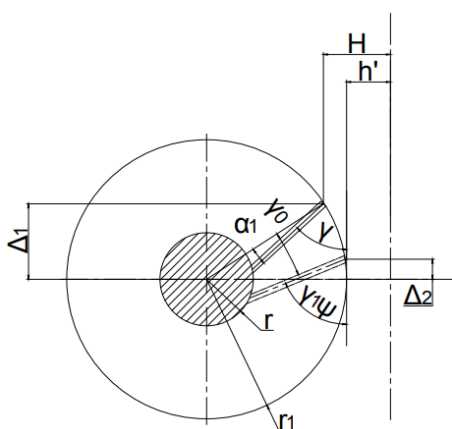


Рис.3

Считая, что трение между слоем хлопка и колком происходит по закону Амонтона, можно определить угол, при котором взаимное скольжение колка и слоя хлопка прекратится:

$$\lambda_c = \frac{\pi}{2} - \rho = \gamma + \varphi, \quad (11)$$

где  $\rho$  – угол трения;  $\varphi$  – угол поворота от момента касания до прекращения скольжения;  $\gamma = \gamma_{01} - \alpha_1$  – угол между осью валика и осью потока хлопка в момент касания;  $\alpha_1$  – угол между осью колка и прямой, соединяющей конец колка с осью валика.

Прекращению скольжения соответствует хорда

$$\Delta_2 = r_2 \sin(\alpha_1 - \rho). \quad (12)$$

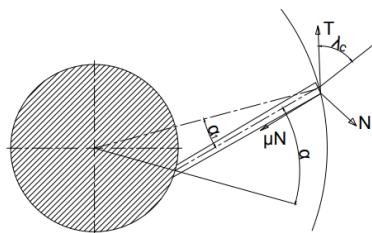


Рис. 4

На втором этапе происходит деформация слоя хлопка-сырца при не полностью зафиксированной частице хлопка на поверхности колка. Этой зоне соответствуют условия

$$\frac{\pi}{2} + \rho \geq \lambda_c \geq \frac{\pi}{2} - \rho, \quad (13)$$

и максимальное смещение точки захвата определяется по формуле

$$\Delta_3 = r_2 \cos(\alpha_1 - \rho). \quad (14)$$

Общая начальная длина  $X$  комка хлопка, зажатого между питающими и разрыхлительными валами, определится из выражения

$$X = B \pm \sqrt{r_1^2 + (r_1 - H + h)^2} + r_2 \sin(\alpha_1 - \rho). \quad (15)$$

Величина максимального значения абсолютной деформации с учетом перемещения лопасти питающих валиков за время поворота колкового валика на угол  $2\rho$  будет

$$\Delta X_{\max} = 2 \left( r_2 \sin \rho \cos \alpha_1 - \rho r_1 \frac{\omega_1}{\omega_2} \right). \quad (16)$$

Тогда максимальное значение относительной деформации на этом этапе процесса можно рассчитать по формуле

$$\varepsilon_{2 \max} = \frac{2(r_2 \sin \rho \cos \alpha_1 - \rho r_1 \frac{\omega_1}{\omega_2})}{B \pm \sqrt{r_1^2 + (r_1 - H + h)^2 + r_2^2 \sin^2(\alpha_1 - \rho)}}. \quad (17)$$

Если учитывать, что перед каждой рассматриваемой лопастью идет предыдущая, максимальное значение начальной длины  $X$  определится из соотношения

$$X_{\max} = B + \sin \left( \arccos \frac{r_1 - H + h}{r_1} - \frac{2\pi}{n} \right) + r_2 \sin(\alpha_1 - \rho). \quad (18)$$

При этом должно выполняться условие

$$X_{\max} \geq L_0. \quad (19)$$

Во избежание образования намотов на колковых валиках процесс разрушения структурных частиц желательно завершить в этой фазе, для чего в (17)  $\varepsilon_{2 \max}$  должно превышать относительную деформацию частиц хлопка при их разукрупнении  $\varepsilon_{\text{хл}}$ .

Третья фаза процесса – стягивание частиц, захваченных колком, к его основанию, при этом движение частиц хлопка описывается уравнениями, аналогичными описанным в [6]. Учитывая, что  $\lambda_c = \gamma + \varphi(t)$ , получаем

$$\Delta X_3 = -r_2 [\cos(\alpha_1 + \gamma + \varphi) + \sin(\rho + \alpha_1)] - r_1 \varphi_1 \frac{\omega_1}{\omega_2}. \quad (20)$$

По аналогии может быть получена величина относительной деформации

$$\varepsilon_3 = \frac{\Delta X_3}{X}, \quad (21)$$

суммарная деформация во второй и третьей фазах взаимодействия колка с хлопком-сырцом:

$$\varepsilon = \varepsilon_{2 \max} + \varepsilon_3 \geq \varepsilon_{\text{хл}}. \quad (22)$$

Для проверки полученных соотношений изготовлена экспериментальная установка со следующими параметрами:  $r_1 = 70$  мм;  $r_2 = 45$  мм;  $B = 120$  мм;  $2h = 60$  мм;  $n = 6$ ;  $\alpha_1 = \pi/6$ , которая монтировалась после сепаратора хлопка [7] перед очистителем крупного сора. Расчетная начальная длина  $X$  элемента при  $\mu = 0,35 \dots 0,48$  ( $\rho = 0,337 \dots 0,447$ ) и толщине  $2H = 140$  мм определяется диапазоном от  $X_{\min} = (48 \dots 53)$  мм до  $X_{\max} = (118 \dots 123)$  мм при среднем  $X_{\text{ср}} = (83 \dots 88)$  мм.

Анализ структурного состава хлопко-сырца, прошедшего через рассматриваемое питающее устройство, показал, что частицы с восемью и более летучками, размеры которых  $L_0 = 100 \dots 140$  мм, практически полностью разукрупняются. Относительная деформация этих частиц достигает  $\varepsilon_2 = 0,346 \dots 0,851$  при  $\mu = 0,48$  и  $\varepsilon_2 = 0,243 \dots 0,563$  при  $\mu = 0,35$ .

Если же учесть и деформацию в третьей фазе процесса, то общее относительное удлинение для перечисленных коэффициентов трения окажется соответственно  $\varepsilon = 0,526 \dots 1,293$ .

## ВЫВОДЫ

1. Для разукрупнения частиц хлопко-сырца и увеличения их свободной поверхности перед очисткой целесообразно введение дополнительных колковых валиков в состав питателя.

2. Предложены зависимости, позволяющие рассчитать деформации частиц хлопка в зоне между питающими и колковыми валиками.

3. Даны рекомендации по выбору конструктивно-технологических параметров питателя, обеспечивающего разукрупнение частиц хлопка, состоящих более чем из восьми летучек.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Мирахмидов Дж., Джураев А., Абдуллаев А.В. Анализ колебаний колосника на упругом основании с нелинейной жесткостью // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2008. №5. С. 115...116.

2. Муродов О.Ж., Рудовский П.Н., Корабельников А.Р. Определение собственных частот и форм свободных колебаний колосниковой решетки очистителя хлопка-сырца // Технологии и качество. 2022. № 1(55). С. 24...28.

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 (347). С. 131...135.

4. Murodov O.Zh., Khodjiev M.T., Eshmurodov D. Creation of Scientific-Based Construction of the Separator with Insulation Camera. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Vol. 9. Issue 4, February 2020.

5. Murodov O.Zh., Khojiev M.T. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator. ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6. Issue 4, April 2019. P. 8735-8738.

6. Газиева С.А., Нуров М.Э., Иброгимов Х.И., Рудовский П.Н. Анализ движения летучки хлопка-сырца по лопасти барабанной сушилки // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2016. № 2 (362). С. 75...79.

7. Муродов О.Ж., Рудовский П.Н., Корабельников А.Р. Обоснование параметров и конечно-элементное моделирование движения хлопково-воздушной смеси в сепараторе хлопка // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 1 (397). С. 266...271

## REFERENCES

1. Mirakhmidov J., Juraev A., Abdullaev A.V. Analysis of fluctuations of a grate on an elastic foundation with non-linear stiffness // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2008. No 5. P. 115 ... 116.

2. Murodov O.Zh. , Rudovsky P.N., Korabelnikov A.R. Determination of natural frequencies and forms of free vibrations of the grate of the raw cotton cleaner. Technologies & Quality. 2022. No 1(55). P. 24–28. (In Russ.)

3. Gazieva S.A., Kurbonov B.D., Nurov M.E., Ibrogimov Kh.I., Rudovsky P.N. Changes in the structural index of raw cotton according to the technological transitions of its processing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2013. No 5. P. 131 ... 135.

4. Murodov O.Zh., Khodjiev M.T., Eshmurodov D. Creation of Scientific-Based Construction of the Separator with Insulation Camera. International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE) ISSN: 2278-3075, Vol. 9. Issue 4, February 2020.

5. Murodov O.Zh., Khojiev M.T. Researches Gained in Process with Developed CC-15A Separator. ISSN: 2350-0328 International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 6. Issue 4, April 2019. P. 8735-8738.

6. Gazieva S.A., Nurov M.E., Ibrogimov Kh.I., Rudovsky P.N. Analysis of the movement of raw cotton fly along the blade of a drum dryer // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2016. No 2. P. 75 ... 79.

7. Murodov O.Zh., Rudovsky P.N., Korabel'nikov A.R. Justification of the parameters and finite element modeling of the movement of the cotton-air mixture in the cotton separator // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. No 1. P. 266 ... 271.

Рекомендована кафедрой инженерии и прикладных наук Азербайджанского государственного экономического университета. Поступила 16.01.23.