

Theoretical Study of the Interaction of Seed Mass with Mesh Surfaces in the Linter Feeder

O. A. Salimov, B. M. Mardonov, A. M. Salimov

Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Annotation

The article provides information on improving the quality of lint and seeds at cotton ginning plants. Cotton linters are considered as raw materials in textile, chemical and pulp and paper industries. Therefore, an important factor is the improvement of cotton linter production technology.

Keywords: cotton seeds, lint, mesh surface, foreign matter, grate, raw cotton, static studies, lint class.



This is an open-access article under the [CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license

Введение. В настоящее время хлопковый линт, производимый на хлопкоочистительных заводах, является важным сырьем в текстильной, химической и целлюлозно-бумажной промышленности.

В этом направлении ведутся исследования по совершенствованию оборудования и технологии производства хлопкового линта. В частности, необходимо провести исследования по подготовке семян к процессу линтерования после отделения волокна от семян, определить параметры рабочих органов, участвующих в линтеровании, а также обеспечить качество выпускаемой продукции [1].

Для повышения эффективности работы системы подготовки семян к линтерованию в технологическом процессе первичной переработки хлопка-сырца необходимо исключить факторы, влияющие на качество линта и семян при очистке семян и равномерность распределения семян в рабочую камеру линтера [2].

Для этого необходимо провести исследования по изучению технологических операций, образующих систему винтовой конвейер для распределения семян- питатель и рабочая камера линтера в котором производится подготовки семян к процессу линтерования, а также конструктивных и технологических параметров линтера [3].

При этом основной задачей считается найти решения и устранить эти проблемы, на основе которых разработать параметры подачи семян в процессе линтерования и изучить их влияние на качество семян и линта.

Информация и методы. На хлопкоочистительных заводах хлопок очищается перед дженированием, чтобы улучшить качество получаемого волокна и семян, а также уменьшить количество примесей. Технология очистки семян от примесей в основном включает пневматическую и механическую очистку [4].

Эффективная очистка семян достигается с помощью механических методов очистки. В данном случае очистка семян характеризуется степенью снижения прилипания примесей к очищаемому материалу. Эффективность очистки зависит от рационального построения процесса очистки, включающего конструктивные параметры машин, степень засоренности очищаемого материала, условия его подачи в очистительные машины и их взаимодействие [5,6]. Детали, которые взаимодействуют с очищаемым материалом и отделяются в процессе очистки и т. д. При правильной организации процесса обеспечивается выпуск высококачественной продукции.

За счет использования в линтере рабочей камеры УМПЛ производительность машины по семени (при выделении линта около 2,5%) составляет 1400-1800 кг/час, а по линту - 35-45 кг/час. Общая мощность, используемая при производстве продукции, составляет 30,6 кВт, из которых 4,4 кВт поступает в систему питателя. Конструкция системы подачи машины несколько отличается от предшественников и использует питающий валик 1, выравнивающе-очистительный барабан 2, сетка для очистки семян 3 и шнек для удаления отходов 4. Во время работы семена сначала подаются на питающий валик. Затем, проходя между барабаном со колками и сетки, семена очищаются от мелких сорных примесей (рис.1).

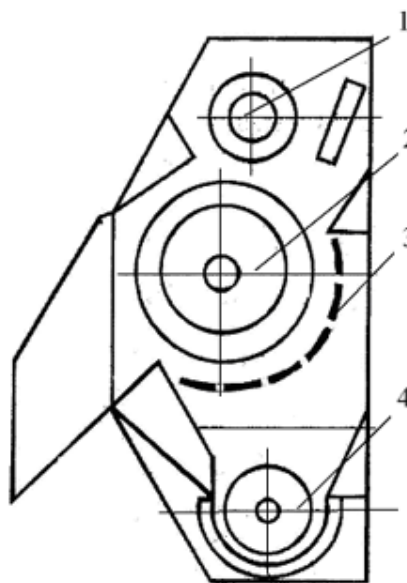


Рис.1. Схема питателя линтера.

1-питающий валик; 2-барабан выравнивающе-очистительный; 3-сетчатая поверхность; 4-сорный шнек.

В то же время движение барабана колки оказывают воздействие на семена, разбрасывая их и обеспечивая равномерное распределение в рабочей камере. Несмотря на усовершенствованную конструкцию линтера, он имеет такие недостатки, как высокий расход металла и запасных частей и высокое потребление электроэнергии.

Кроме того, в системе подачи семян под воздействием механического усилия, оказываемого колками барабана при его перемещении между сетчатыми поверхностями и за счет вращательного движения выравниюще-очистительного барабана, сжимается и

третя, что увеличивает его механическое повреждение. Это приводит к повышению уровня сорных примесей при сьеме линта из семян. Повышенная механическая поврежденность отрицательно влияет на качества семян [7,8,9].

Целью научных исследований в этой области является применение научно-практического подхода в технологии подготовки семян после джинирования к процессу линтерование при низких затратах, обеспечивающей получение высококачественной продукции [10,11].

В связи с этим рассматривается модель очистки при взаимодействии семени с поверхностью решетки. Модуль очистки семян показан на рисунке 2.

В процессе очистки семян при воздействии рабочих органов (колосников) на материал в модуле очистки происходит отделение сорных примесей за счет изменения плотности семян и увеличения его объема.

Семенная масса поступает в камеру питающе-очистительного устройства при постоянным расходом Q . Если поверхность камеры образована решеткой со стержнями S_0 , то за время ее пребывания масса

$$T = \frac{S_0}{\omega}$$

процесса, со временем в камеру T_b поступает одинаковое количество семенной массы

$$m_0 = \frac{Q}{\omega}$$

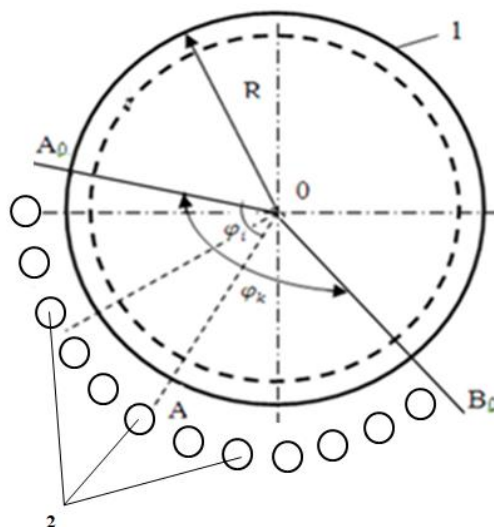


Рис. 2. Схема модуля очистки семян от сорных примесей.

1- колково-планчатый барабан; 2- колосниковая решетка.

Будем считать, что взаимодействие семенной массы с решетками происходит в зоне очистки, число которых равно n . При этом расположение решеток обуславливает точечный удар решетки по массе, что приводит к колебательному изменению ее скорости вдоль линии взаимодействия.

Обозначим радиус барабана через R и предположим, что все колосники расположены на одинаковом расстоянии на поверхности барабана. При этом взаимодействие семенной массы с решеткой осуществляется по зоне взаимодействия A_0B_0 $0 < S \leq S_0 = (R + r_1)\varphi_k$, где угол расположения решетки изменяется в диапазоне $0 \leq \varphi \leq \varphi_k$ (φ_k - суммарный угол зоны

расположения решетки, $\varphi = \varphi_i$ - через положение n -й решетки), r_1 - расстояние между колосниками.

В свободной дуге dS относительное изменение массы [12,13,14] рассчитывается по формуле:

$$\frac{dm_i}{m_i} = \frac{d\rho_i}{(1+a)\rho_i} \quad (1)$$

где: a - постоянная, m_i и ρ_i - соответственно масса струи и плотность семенной массы после удара, dm_i и $d\rho_i$ - их увеличение в результате взаимодействия массы с сеткой за определенное время dt .

$$\frac{d\rho_i}{\rho_i} = -b_i c \omega dt \quad (2)$$

где: b_i - коэффициент пропорциональности изменения плотности за счет взаимодействия зерна с n -й решеткой, c - величина, учитывающая выделение дополнительных примесей под действием внешнего давления всасывания Δp и определяемая по этой формуле

$$c = \left(1 + \frac{\alpha}{K} \Delta p\right)$$

Здесь α - коэффициент эффективной площади поверхности, K - модуль объемного сжатия массы волокна на поверхности семени. Рассматриваем каждую сетку как точку удара, поэтому представим выражение (2) в следующем виде:

$$\frac{d\rho_i}{\rho_i} = -b_i c \omega \delta(\varphi - \varphi_i) dt \quad (3)$$

$\delta(z)$ - Дельта-функция Дирака. $\varphi_i = i \frac{\varphi_0}{n}$, n - число столбцов. Учитывая стационарность

процесса, введем переменную Эйлера по формуле $dt = \frac{d\varphi}{\omega}$, то уравнение (3) принимает следующий вид:

$$\frac{d\rho_i}{\rho_i} = -b_i c \delta(\varphi - \varphi_i) d\varphi \quad (4)$$

Подставляя (4) в (1), получаем выражение для относительного изменения массы семян.

$$\frac{dm_i}{m_i} = \lambda_i c \delta(\varphi - \varphi_i) d\varphi \quad (5)$$

Здесь, $\lambda_i = \frac{b_i}{1+a}$

можем проинтегрировать уравнение (5) с условием $m = m_0$ да $\varphi < 0$

$$m_1 = m_0 \quad 0 \leq \varphi < \varphi_0 \quad \text{когда}$$

$$m_2 = m_0 e^{-c\lambda_1} \quad \varphi_0 < \varphi < 2\varphi_0 \quad \text{когда}$$

$$m_2 = m_0 e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2)} \quad 2\varphi_0 < \varphi < 3\varphi_0 \quad \text{когда}$$

$$m_i = m_0 e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{i-1})} \quad (i-1)\varphi_0 < \varphi < i\varphi_0 \quad \text{когда}$$

$$m_{n-1} = m_0 e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{n-2})} (n-2)\varphi_0 < \varphi < (n-1)\varphi_0 \text{ когда}$$

$$m_n = m_0 e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)} (n-1)\varphi_0 < \varphi < n\varphi_0 \text{ когда}$$

$$\text{Здесь, } \varphi_0 = \frac{\varphi_k}{n}$$

Из формулы (5) видно, что после уменьшения массы семян взаимодействие с решеткой происходит по падающему по экспоненциальному закону, а эффект очистки после попадания семян на -ую решетку рассчитывается по формуле.

$$\varepsilon_{0i} = \frac{m_0 - m_i}{m_0} = 1 - e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_{i-1})} \quad (6)$$

Суммарная величина измененной массы семян, поступающих в зону очистки:

$$\sum_{i=1}^n \Delta m_i = m_0 [e^{-c\lambda_1} + e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2)} + e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3)} + \dots + e^{-c(\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n)}] \quad (7)$$

В частности, если предположить, $\lambda_1 = \lambda_2 = \dots = \lambda_n = \lambda_0$, то имеем

$$\varepsilon_{01} = \varepsilon_{02} = \dots = \varepsilon_{0n} = \varepsilon_0 = 1 - \exp(-c\lambda_0)$$

Количество сорных примесей, выделяемых первым колосником

$$\Delta m_1 = m_0 \varepsilon_{01},$$

Для второго колосника

$$\Delta m_2 = m_0 \varepsilon_{01} (1 - \varepsilon_{01})$$

Для n-го колосника равно

$$\Delta m_i = m_0 \varepsilon_{0i} (1 - \varepsilon_{0i})$$

Формула (7) принимает следующий вид

$$\sum_{i=1}^n \Delta m_i = m_0 \varepsilon_{01} [1 + (1 - \varepsilon_{01}) + \dots + (1 - \varepsilon_{01})^{n-1}] = m_0 [1 - (1 - \varepsilon_{01})^n] \quad (8)$$

Если эффективность очистки равна β (в процентах), то из уравнения (8) можно установить

$$\sum_{i=1}^n \Delta m_i = 0.01 \beta m_0 \text{ зависимость между числом сеток } n, \varepsilon_{01} \text{ и } c \text{ числом колосников } n.$$

$$n = \ln(1 - 0.01\beta) / \ln(1 - \varepsilon_{01}) \quad (9)$$

В таблице приведены изменения очистительного эффекта β при различных значениях числа колосников n и давления Δp (Па)

$$\text{В расчетах принимается } \alpha = 0.3, K = 100 \text{ Па } \lambda_0 = 0.02$$

Результаты, представленные в таблице, показывают, что увеличение давления всасывания Δp увеличивает эффективность очистки. Рост интенсивности наблюдается при больших значениях числа решеток.

Эффективность очистки β (процент) является функцией количества столбцов n и изменение различных значений параметра Δp .

$n/\Delta p$	5	10	15	20	25	30	35	45
100	12.2	23.0	32.3	40.5	47.8	54.1	59.7	69.0
200	14,8	24.4	27.4	47.3	55.0	62.7	67.4	76.3
300	17.3	31.6	43.4	53,2	61.3	68.0	73.5	82.0
400	20.0	35,5	48.3	58.5	66.7	73.3	78.6	86.2
500	22.2	39,3	52.8	63.2	71.3	76.7	82.6	89.5

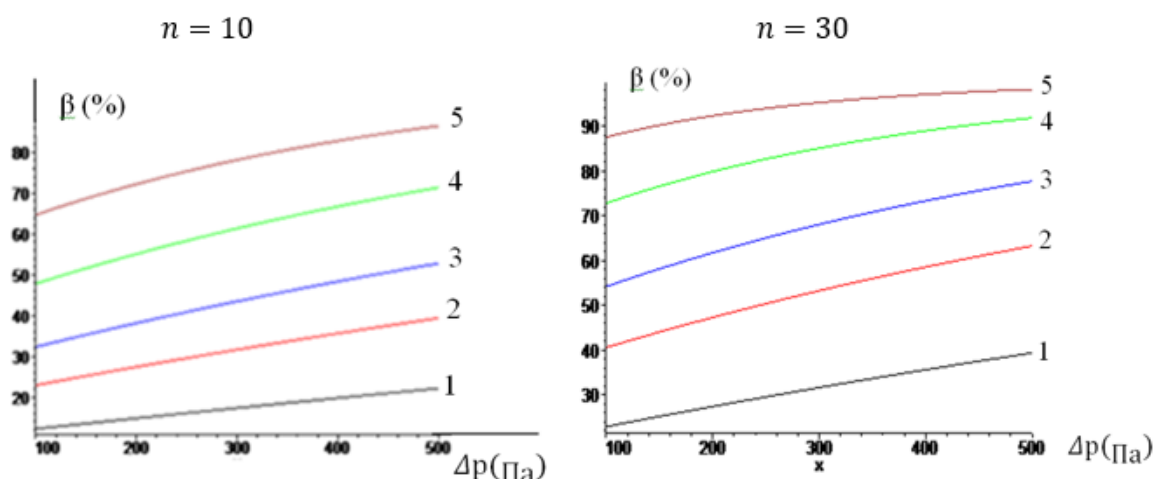


Рис. 3. Графики зависимости эффективности очистки от Δp (Па) для двух значений числа сеток n и параметров: 1 – $\lambda_0 = 0.01$, 2 – $\lambda_0 = 0.02$, 3 – $\lambda_0 = 0.03$, 4 – $\lambda_0 = 0.05$, 5 – $\lambda_0 = 0.08$

На рисунке 3 представлены графики изменения эффективности очистки β (в процентах) в зависимости от числа сеток n и рабочего давления Δp (Па) при различных значениях параметра λ_0 . Из анализа графиков следует, что под воздействием давления всасывания в зоне очистки могут отделяться дополнительные примеси, что указывает на увеличение эффективности очистки, которая остается постоянной при высоких его значениях.

References:

1. Salimov A., Wang Hua, Tuychiyev T. «Technology and equipment for primari cotton processing» China, 2019 – p. 174.
2. Sabirov I.Q, Salimov A.M., Ochilov M.M. Paxta chigitidan momiq ajratish jarayonini takomillashtirish. Toshkent. ZEBO-PRINT. 2022y.94 b.
3. F.B.Omonov. Paxtani dastlabki ishlash bo'yicha spravochnik (ma'lumotnoma). T.: Voris, 2008. - 413 bet.
4. "Paxtani dastlabki ishlashning muvofiqlashtirilgan texnologiyasi" (PDI 70 - 2017), Toshkent "Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ - T.:2019, -45 b.
5. Rajabov I., Safojev A., Abdugaffarov X. "Paxtani mayda ifloslikdan tozalagichlarda vintli ishchi organlarni qo'llash imkoniyatlarini tadqiq etish". Monografiya T., 2022. 121 s.
6. Ochilov M.M., Xakimov Sh.Sh. Modernized linter machine// International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 2019. 11. 11665-11671 b.
7. Mardonov B.M., Salimov O.A. Statisticheskij metod otsenki effektivnosti ochistki melkogo sora i pili pri transportirovke xlopka. Jurnal "Problema mexaniki" №1 2023 g

8. Salimov O.A., Mardonov B.M., Salimov A.M., Xamidov O. "Paxtani tashishda mayda ifloslik va changdan tozalash jarayonini taxlili". FarPI ilmiy texnika jurnali, № 2. Masus soni. Farg'ona 2023 y., 18-22 b.
9. Salimov A.M. "Modelling of technological conditions of storage of cotton-raw". International Scientific Journal Theoretical & Applied Science p-ISSN: 2308-4944 (print) e-ISSN: 2409-0085 (online), Published: Philadelphia, USA 30.10.2019 <http://T-Science.org>.
10. Salimov A., Khusanova Sh., Salimov O., Rakhimjanov A. Study of factors affecting the quality of raw cotton during storage and processing. //Central Asian journal of theoretical and applied sciences. 2022. Vol: 3. pp: 40-46. (05.00.00; IF 5.576).
11. Salimov A.M., Khusanova Sh., Salimov O.A., Toshtemirov Q., Yakubov N., Rakhimjanov A. Research of The Process of Preparation and Storage of Raw Cotton. //Journal of optoelectronics laser ISSN: 1005-0086, Volume 41 ISSUE 7 2022. DOI : 10050086. pp:612-618. (05.00.00; IF 0.154).
12. Sevostyanov A.G. Modelirovaniye texnologicheskix protsessov M. "Legkaya i pishevaya promishlennost" 344 s.
13. Xodjiyev M.T., Mardonov B.M., Sirojiddinov F.N. Paxta sanoati texnologiyasi jarayonlarini modellashtirish. Guliston. 2023, 360 bet
14. Tarasyuk V.P. Matematicheskoye modelirovaniye texnicheskix sistem, Minsk. Dizayn PRO. 1997. 295s.