

Статья поступила в редакцию: 26.08.2026

Статья принята к публикации: 14.09.2026

Статья опубликована: 28.09.2026

УДК 677.021.1

DOI: 10.32743/UniTech.2026.150.9.23407

Оценка эффективности отделения сорных примесей в процессе очистки семян хлопчатника на основе вероятностно-статистического подхода

Турдиев Рахматулла Мухаммадали угли

преподаватель кафедры высшей математики

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: rahmatulla.turdiyev.96@mail.ru

Акрамов Алишер Ашуралиевич

д-р техн. наук, проф.

Научно-исследовательский институт лубяных и других технических культур

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Жуманиязов Кадам Жуманиязович

Научно-исследовательский институт лубяных и других технических культур

Республика Узбекистан, г. Ташкент

Assessment of the effectiveness of weed impurity separation in the process of cotton seed cleaning based on a probabilistic-statistical approach

Turdiyev Rakhmatulla Mukhammadali ugli

lecturer

Department of Higher Mathematics, Namangan State Technical University

Uzbekistan, Namangan

Akramov Alisher Ashuralievich

doctor of Technical Sciences, Professor

Research Institute of Bast and Other Industrial Crops

Uzbekistan, Tashkent

Zhumaniyazov Kadam Zhumaniyazovich

Research Institute of Bast and Other Industrial Crops

Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В статье представлено исследование вероятностно-статистического моделирования процесса очистки семян хлопчатника с учётом конструктивных параметров рабочих органов очистительного оборудования. Актуальность работы обусловлена необходимостью

Библиографическое описание: Турдиев Р.М.У., Акрамов А.А., Жуманиязов К.Ж. Оценка эффективности отделения сорных примесей в процессе очистки семян хлопчатника на основе вероятностно-статистического подхода // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 9(150). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23407>

повышения эффективности очистки при воздействии комплекса случайных факторов, определяющих отделение примесей на отдельных элементах технологической системы. Цель исследования заключается в разработке количественной оценки эффективности очистки в зависимости от расстояния между планками, угла их наклона и количества последовательно расположенных элементов, а также в определении вероятности прохождения мелких частиц примесей через сетчатую поверхность. В качестве методической основы использован вероятностно-статистический подход Севастьянова, рассматривающий процесс очистки как последовательность независимых вероятностных событий. Проведён анализ влияния конструктивных параметров на общую эффективность отделения примесей и выполнена оценка вероятности прохождения частиц через отверстия сетчатой поверхности с применением теории геометрических вероятностей. Установлено, что уменьшение расстояния между планками и увеличение угла их наклона способствуют росту эффективности очистки, а увеличение числа последовательных элементов позволяет приблизить результат к максимальному значению. Определено влияние соотношения диаметра отверстия и размера частицы на вероятность её прохождения через сетчатую поверхность. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании и оптимизации оборудования для очистки семян хлопчатника.

Abstract

The article presents a study of probabilistic and statistical modeling of the cotton seed cleaning process considering the design parameters of the working elements of cleaning equipment. The relevance of the research is determined by the need to improve cleaning efficiency under the influence of multiple random factors affecting impurity separation at individual stages of the technological process. The aim of the study is to develop a quantitative assessment of cleaning efficiency depending on the distance between bars, their inclination angle, and the number of sequential elements, as well as to determine the probability of small impurity particles passing through the mesh surface. The methodological basis of the research is the probabilistic and statistical approach proposed by Sevastyanov, which considers the cleaning process as a sequence of independent probabilistic events. The influence of structural parameters on the overall efficiency of impurity separation was analyzed, and the probability of particle passage through mesh openings was evaluated using the theory of geometric probability. It was established that reducing the distance between bars and increasing their inclination angle lead to an increase in cleaning efficiency, while increasing the number of sequential elements allows the efficiency to approach the maximum level. The effect of the ratio between mesh opening diameter and impurity particle size on the probability of particle passage was determined. The obtained results can be applied for the design and optimization of cotton seed cleaning equipment.

Ключевые слова: вероятностно-статистический подход, эффективность очистки, сетчатая поверхность, геометрическая вероятность, планка, очистка семян хлопчатника.

Keywords: probabilistic-statistical approach, cleaning efficiency, mesh surface, geometric probability, bar, cotton seed cleaning.

Введение

При оценке качественных показателей процесса очистки семян хлопчатника недостаточно только теоретического анализа кинематики движения [3; 4]. Необходимо также применение вероятностно-статистических моделей, позволяющих количественно оценивать эффективность очистки. В связи с многоступенчатым и случайным характером технологического процесса отделение частиц примесей на каждой отдельной планке целесообразно рассматривать как самостоятельное вероятностное событие, а общую эффективность определять с учётом последовательного воздействия этих событий [9; 5].

В данном направлении особое значение имеет вероятностно-статистический метод, предложенный Севастьяновым, который позволяет рассматривать технологический процесс как цепь последовательных вероятностных событий, не зависящих друг от друга. Однако применение данного метода к конструктивным параметрам машины для очистки семян хлопчатника — углу наклона планок, расстоянию между ними и их количеству, а также оценка вероятности прохождения мелких частиц примесей через сетчатую поверхность требуют отдельного исследования [2; 6; 8].

Цель исследования заключается в моделировании общей эффективности процесса очистки семян хлопчатника в зависимости от конструктивных параметров на основе метода Севастьянова, а также в оценке вероятности прохождения мелких частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности с использованием теории геометрических вероятностей.

Материалы и методы

Согласно вероятностно-статистическому методу, предложенному Севастьяновым, технологический процесс рассматривается как цепь последовательных вероятностных событий, не зависящих друг от друга. Вероятность того, что примесь не отделится перед каждой планкой и пройдёт через неё, характеризуется величиной p . При последовательном прохождении z планок общая эффективность очистки определяется соответствующей вероятностной зависимостью [1].

Элементарная вероятность p для одной планки рассматривается как геометрическая и кинематическая функция расстояния между планками L (мм) и угла установки планки α . Чем меньше расстояние перемещения и чем больше составляющая центробежной силы, перпендикулярная плоскости планки, тем выше вероятность отделения примесей.

Постоянный коэффициент A зависит от рабочей геометрии планки и условий скольжения. Его значение определяется на основании экспериментальных результатов: $\alpha = 45^\circ$, $L = 100$ мм, $\eta = 70,9\%$, $p \approx 18,6\%$ для 6 рядов.

С целью установления зависимости эффективности очистки от расстояния между планками L и угла их наклона α выражение (2) подставляется в выражение (1):

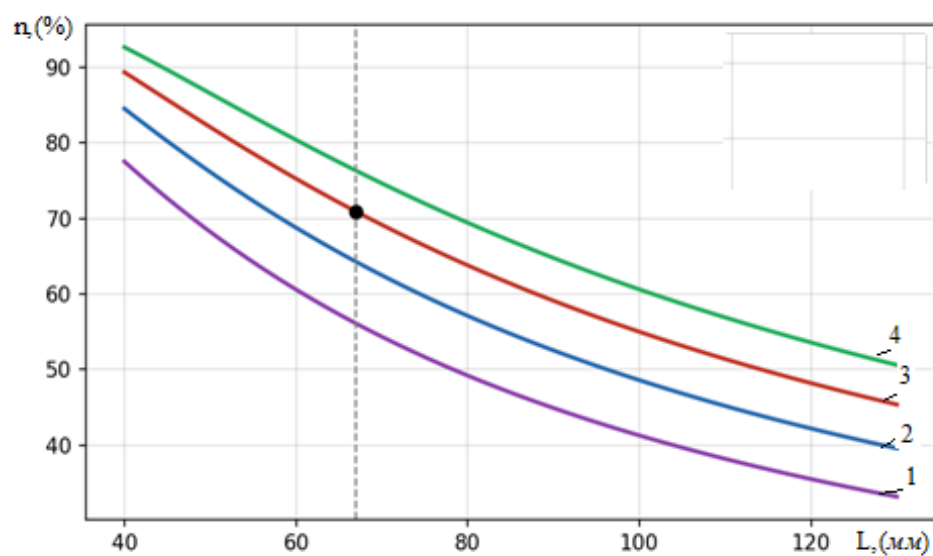


Рисунок 1. Схема изменения эффективности очистки в зависимости от расстояния между планками L при количестве планок $n=4$, $n=5$, $n=6$, $n=7$

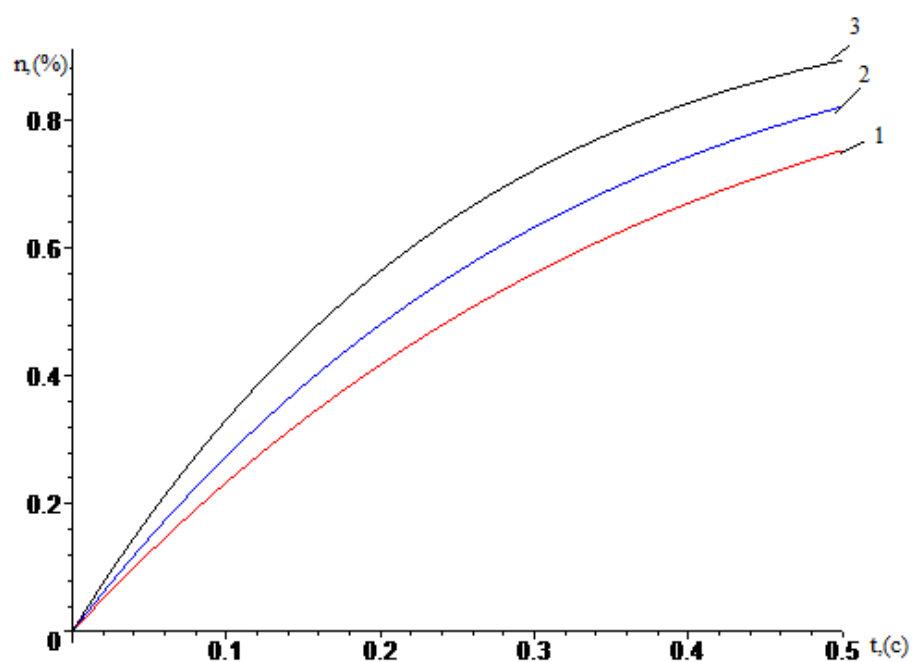


Рисунок 2. Схема изменения эффективности очистки во времени при углах наклона планок $\alpha=60^\circ$, $\alpha=45^\circ$, $\alpha=30^\circ$

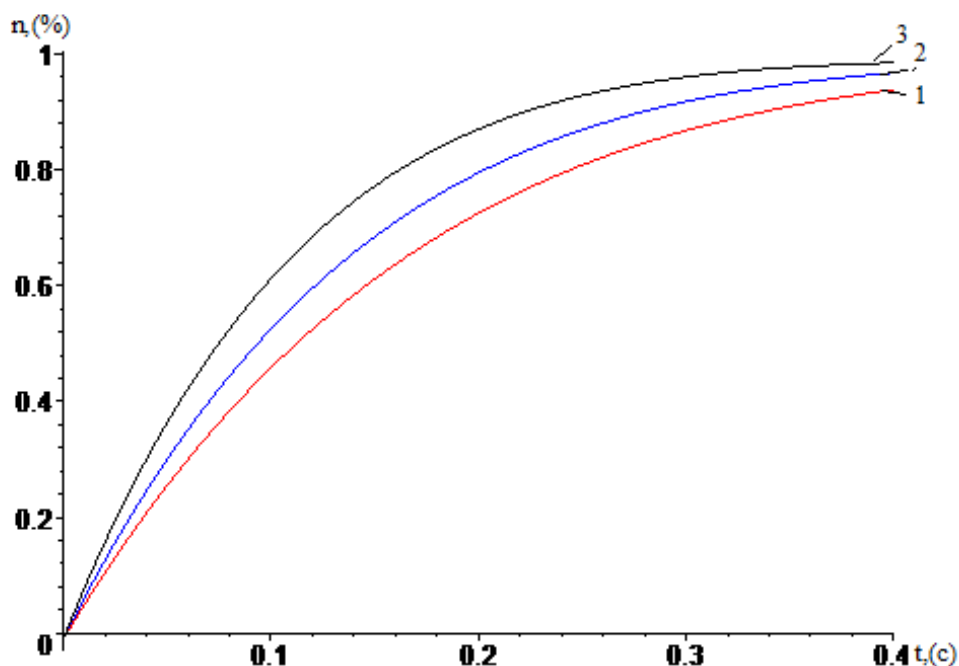


Рисунок 3. Схема изменения эффективности очистки во времени при шагах между планками $Z=300$ мм, $Z=400$ мм, $Z=500$ мм

Результаты и обсуждение

Модель показывает, что при уменьшении расстояния между планками L , то есть при более плотном их расположении, вероятность отделения примеси на одной планке увеличивается, вследствие чего возрастает и общая эффективность очистки. С увеличением угла наклона α эффективность последовательно повышается за счёт увеличения значения $\sin \alpha$. При увеличении количества планок (рядов) эффективность асимптотически приближается к 100 %. Это свидетельствует о том, что после определённого количества рядов дальнейшее увеличение числа планок может быть экономически нецелесообразным.

В оборудовании для очистки семян хлопчатника мелкие частицы примесей, отделяемые посредством сетчатой поверхности, проходят через её отверстия и удаляются из потока семян вниз. Если условно принять частицу примеси за шар диаметром d , а отверстие сетки — за окружность диаметром a , то на основе вероятности случайного расположения центра частицы внутри отверстия вероятность прохождения частицы через одно отверстие может быть определена с использованием теории геометрических вероятностей [3, 2].

Таблица 1.

Расчётные значения для различных размеров отверстий ($a=6; 8; 10; 12$ мм) и диаметров частиц примесей ($d=1...6$ мм) представлены в таблице 1

a , мм	d , мм	P , %
6	1	69.44
6	2	44.44
6	3	25.00
6	4	11.11
6	5	2.78

a, мм	d, мм	P, %
6	6	0.00
8	1	76.56
8	2	56.25
8	3	39.06
8	4	25.00
8	5	14.06
8	6	6.25
10	1	81.00
10	2	64.00
10	3	49.00
10	4	36.00
10	5	25.00
10	6	16.00
12	1	84.03
12	2	69.44
12	3	56.25
12	4	44.44
12	5	34.03
12	6	25.00

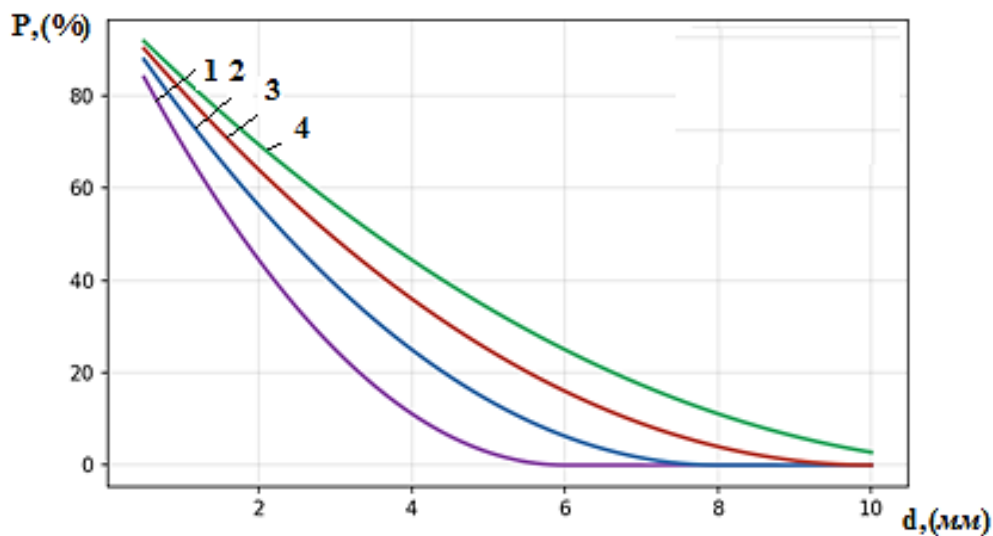


Рисунок 4. Зависимость вероятности прохождения частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности от диаметра примеси при диаметрах отверстий $a=6 \text{ мм}$, $a=8 \text{ мм}$, $a=10 \text{ мм}$, $a=12 \text{ мм}$

При движении потока семян хлопчатника по сетчатой поверхности частица примеси получает возможность пройти над несколькими отверстиями, то есть имеет n попыток. В этом случае общая вероятность выпадения примеси определяется с учётом количества таких возможностей.

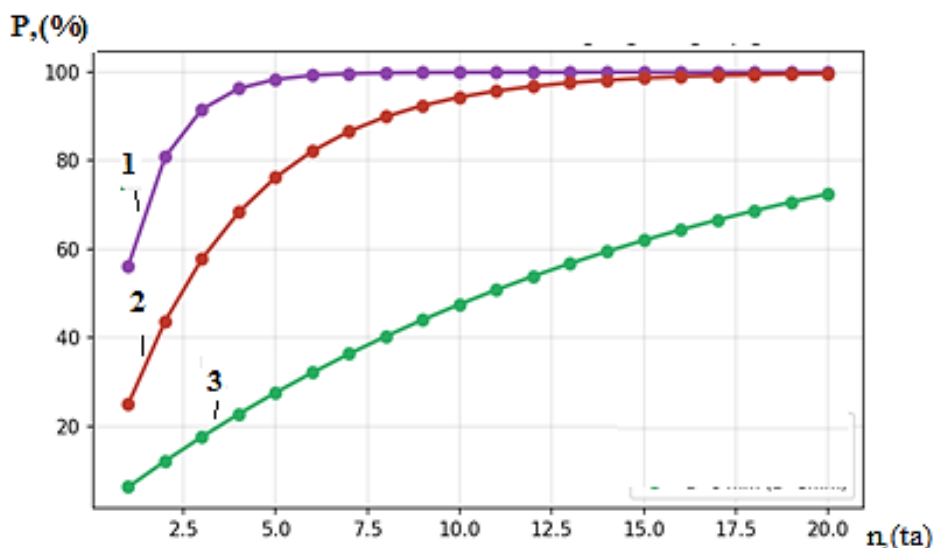


Рисунок 5. Зависимость вероятности прохождения частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности от количества возможностей n при диаметрах отверстий $d=8$ мм, $d=6$ мм, $d=4$ мм

По мере приближения размера отверстия a к диаметру частицы примеси d вероятность её прохождения резко уменьшается. Например, при $a=8$ мм для частицы диаметром $d=2$ мм вероятность прохождения составляет $P=56$ %, тогда как для частицы диаметром $d=6$ мм она составляет всего 6 %.

Заключение

В результате проведённого вероятностно-статистического анализа установлено, что модель, построенная на основе метода Севастьянова, позволяет количественно выражать зависимость эффективности очистки от расстояния между планками L , угла их наклона α и количества планок.

При более плотном расположении планок (уменьшении L) и увеличении угла наклона α общая эффективность очистки последовательно возрастает.

Вероятность прохождения мелких частиц примесей через отверстия сетчатой поверхности зависит от соотношения размера отверстия a и диаметра частицы примеси d , а также от количества «попыток» n , которые частица получает при движении по сетчатой поверхности. Длина сетчатой поверхности является одним из определяющих факторов эффективности отделения мелких примесей.

Полученные результаты имеют практическое значение при проектировании рабочих органов оборудования для очистки семян хлопчатника, оснащённых планками и сетчатыми поверхностями, поскольку позволяют предварительно прогнозировать эффективность очистки и осуществлять научно обоснованный выбор их конструктивных параметров.

Список литературы

1. Антонов В.И. Теоретическая механика (динамика). – Москва: МИСИ-МГСУ; «Интермедиадор». – 2017. – 21 с.

2. Ахмедов А.Н., Абдурахимов С.А. Технология получения рафинированного отбеленного форпрессового масла из низкосортных семян хлопчатника // Пищевая промышленность. – 2020. – № 6. – С. 23–26.
3. Жамолов А.С., Мурадов Р.М. Эффективные способы очистки хлопка от мелкого сора // Universum: технические науки. – 2020. – № 5–2 (74). – С. 10–14.
4. Ильхамджанов П.И., Салижанов Д.Т., Абдурахимов А.А. Линейные размеры семян тонковолокнистого хлопчатника // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 1991. – № 4–6. – С. 81–82.
5. Мехомонов И.И. Технология обработки семян хлопчатника и изучение качества статистическими методами // Молодой учёный. – 2016. – Т. 10.
6. Расулов Р.Х., Эрдонов А.М. Очистка хлопка с помощью виброочистки // Universum: технические науки. – 2022. – С. 39–42.
7. Рашидов Т.Р. и др. Основы теоретической механики: учеб. пособие. – Т.: Ўқитувчи, 1991.
8. Сарбаров Х.Н., Джуманиязов К. Исследование влияния загрязнения семян хлопчатника на качество ворса // Экономика и социум. – 2024. – № 10–1 (125). – С. 816–820.
9. Турсунов З.Р.У. и др. Анализ существующих очистителей хлопковых семян на хлопкоочистительных предприятиях // Universum: технические науки. – 2023. – № 10–4 (115). – С. 11–17.
10. Федорова Л.А., Агапова Л.А. Теоретическая механика. – Санкт. – Петербург: ИХБТ, НИУ ИТМО, 2004.

References

1. Antonov V.I. Theoretical Mechanics (Dynamics). – Moscow: MISI-MGSU; «Intermediator». – 2017.
2. Rashidov T.R. et al. Fundamentals of Theoretical Mechanics: A Tutorial. – Т.: Ўқитувчи, 1991.
3. Fedorova L.A., Agapova L.A. Theoretical Mechanics. – St. Petersburg: IKBTU, NRU ITMO, 2004.
4. Tursunov Z.R.U. et al. Analysis of Existing Cotton Seed Cleaners at Cotton Ginning Enterprises // Universum: Technical Sciences. – 2023. – No. 10–4 (115). – P. 11–17.
5. Akhmedov A.N., Abdurakhimov S.A. Technology of obtaining refined bleached forepress oil from low-grade cotton seeds // Food industry. – 2020. – No. 6. – P. 23–26.
6. Mekhomonov I.I. Technology of processing cotton seeds and studying quality by statistical methods // Young scientist. – 2016. – Vol. 10.
7. Rasulov R.Kh., Erdonov A.M. Cotton cleaning using vibration cleaning // Universum: technical sciences. – 2022. – No. 7–2 (100). – P. 39–42.
8. Ilkhamdzhanov P.I., Salizhanov D.T., Abdurakhimov A.A. Linear dimensions of fine-fiber cotton seeds // News of higher educational institutions. Food technology. – 1991. – No. 4–6. – P. 81–82.

-
9. Zhamolov A.S., Muradov R.M. Effective methods for cleaning cotton from small debris // *Universum: technical sciences*. – 2020. – No. 5–2 (74). – P. 10–14.
 10. Sarbarov Kh.N., Dzhumaniyazov K. Study of the effect of cotton seed contamination on lint quality // *Economy and Society*. – 2024. – No. 10–1 (125). – P. 816–820.