

УДК 621.928 / 519.876.2

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ СЕТЧАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ОТДЕЛЕНИИ
МЕЛКОГО СОРА В ОЧИСТИТЕЛЬНОМ ОБОРУДОВАНИИ**

Пулатова Садокат Абдурашидовна

магистрантка кафедры «Технологические машины и оборудование»

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: nyashkaps@gmail.com

Тадаева Е.В.

*научный руководитель, доцент кафедры «Технологические машины и
оборудование»*

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

**MATHEMATICAL MODEL OF MESH SURFACE OPERATION DURING FINE TRASH
SEPARATION IN CLEANING EQUIPMENT**

Sadokat Pulatova

Master's student, Department of Technological Machines and Equipment

Namangan State Technical University, Namangan, Republic of Uzbekistan

E.V. Tadaeva

*Scientific supervisor, Associate Professor, Department of Technological Machines and
Equipment*

Namangan State Technical University, Namangan, Republic of Uzbekistan

**TOZALASH USKUNALARIDA MAYDA IFLOSLIKLARNI AJRATISHDA TO'RLI YUZA ISHINING
MATEMATIK MODEL**

Pulatova Sadoqat Abdurashidovna

magistrant, «Texnologik mashinalar va jihozlar» kafedras

Namangan davlat texnika universiteti

O'zbekiston Respublikasi, Namangan shahri

E.V. Tadaeva

ilmiy rahbar, «Texnologik mashinalar va jihozlar» kafedras

Namangan davlat texnika universiteti

O'zbekiston Respublikasi, Namangan shahri

Аннотация: В статье представлена математическая модель работы сетчатой рабочей поверхности очистительного оборудования, состоящая из пяти

связанных блоков: геометрического, кинематического, динамического, деградационного и вероятностного. Получена замкнутая система соотношений (1)–(6), позволяющая рассчитать показатели надёжности сетки по конструктивным и режимным параметрам. Представлены расчётные графики живого сечения сетки от размера ячейки и расчётные кривые забиваемости для трёх отраслей. Все расчёты могут быть реализованы в среде MS Excel.

Ключевые слова: математическая модель, сетчатая поверхность, живое сечение, забиваемость, абразивный износ, уравнение Велера, MS Excel.

Abstract: The article presents a mathematical model of the operation of the mesh working surface of cleaning equipment, consisting of five interconnected blocks: geometric, kinematic, dynamic, degradation, and probabilistic. A closed system of relations (1)–(6) is obtained, allowing the calculation of mesh reliability indicators based on design and operational parameters. The calculated graphs of the open area of the mesh depending on the cell size and the calculated clogging curves for three industries are presented. All calculations can be implemented in MS Excel.

Keywords: mathematical model, mesh surface, open area, clogging, abrasive wear, Wöhler equation, MS Excel.

Annotatsiya: Maqolada tozalash uskunalarining to'rli ishchi yuzasining ishi matematik modeli keltirilgan bo'lib, beshta o'zaro bog'langan blokdan iborat: geometrik, kinematik, dinamik, degradatsion va ehtimollik. Munosabatlarning yopiq tizimi (1)–(6) olingan bo'lib, to'rning ishonchlilik ko'rsatkichlarini konstruktiv va rejimli parametrlar bo'yicha hisoblashga imkon beradi. Katakcha o'lchamiga bog'liq bo'lgan to'rning tirik kesimining hisoblangan grafiklari va uchta tarmoq uchun to'lib qolishning hisoblangan egri chiziqlari keltirilgan. Barcha hisob-kitoblar MS Excel muhitida amalga oshirilishi mumkin.

Kalit so'zlar: matematik model, to'rli yuza, tirik kesim, to'lib qolish, abraziv yedirilish, Vyoler tenglamasi, MS Excel.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка математической модели работы сетчатой поверхности очистительного оборудования является необходимым этапом исследования её надёжности и обоснования рекомендаций по выбору параметров. Существующие в литературе модели либо ограничены геометрическими соотношениями, либо описывают узкие аспекты. Цель настоящей работы — построение комплексной математической модели, объединяющей основные процессы, влияющие на надёжность сетки.

1. СТРУКТУРА МОДЕЛИ

Предложенная модель состоит из пяти связанных блоков (рисунок 1). Геометрический блок включает соотношения для пропускной способности; кинематический описывает движение материала; динамический — силы

взаимодействия частиц о сетчатую поверхность; деградационный — изменение угла наклона сетчатой поверхности; вероятностный — вычисление показателей надёжности.

Структурная схема математической модели работы сетчатой поверхности

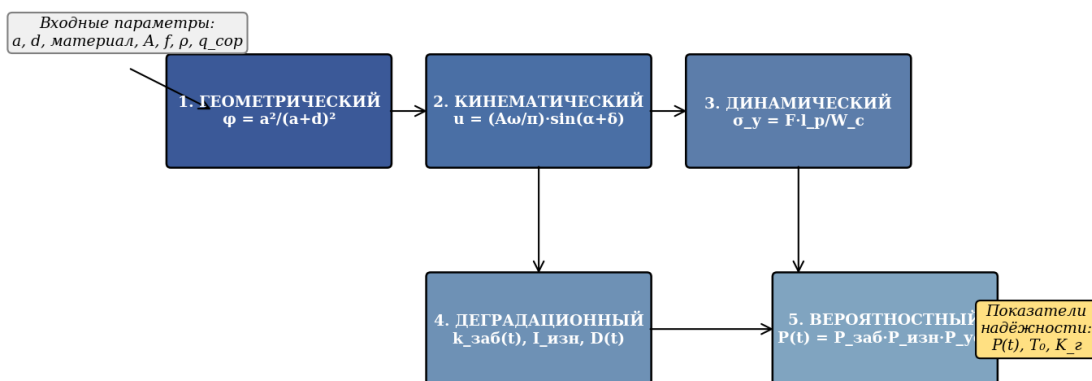


Рисунок 1. Структурная схема математической модели работы сетчатой поверхности при отделении мелкого сора

2. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ БЛОК

Основной геометрической характеристикой сетки является живое сечение ϕ :

$$\phi = a^2 / (a + d)^2 \times 100 \%, \quad (1)$$

где a — размер стороны ячейки в свету, мм; d — диаметр отверстий, мм. Расчёт по формуле (1) для стандартных типоразмеров сеток по ГОСТ 3826-82 представлен в таблице 1 и на рисунке 2.

Таблица 1

Расчётные значения живого сечения для стандартных типоразмеров сеток

№ сетки	a, мм	d, мм	ϕ , %
025	0,25	0,16	37.2
05	0,5	0,25	44.4
1	1,0	0,4	51.0
2	2,0	0,7	54.9
3,2	3,2	1,0	58.0
5	5,0	1,6	57.4

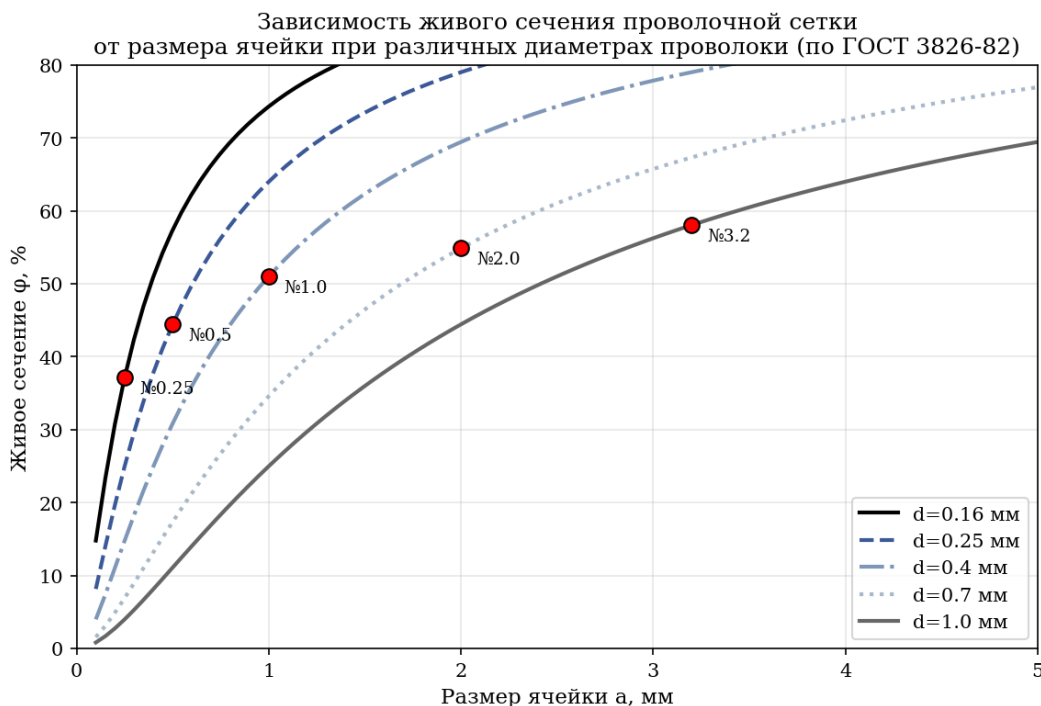


Рисунок 2. Зависимость живого сечения ϕ от размера ячейки a при различных диаметрах отверстий d

Из рисунка 2 видно, что живое сечение монотонно возрастает с увеличением размера ячейки и убывает с увеличением диаметра отверстий. Стандартные типоразмеры сеток по ГОСТ 3826-82 (отмечены точками) обеспечивают значения ϕ в диапазоне 37–58 %.

3. ДЕГРАДАЦИОННЫЙ БЛОК

Деградационный блок описывает три параллельных процесса, ведущих к отказу сетки.

Скорость накопления массы сора в ячейках:

$$dm_{\text{заб}}/dt = k_1 \cdot q_{\text{сор}} / \phi(t), \quad (2)$$

Скорость абразивного износа отверстий (закон Арчарда [11]):

$$d(t) = d_0 - I_{\text{изн}} \cdot t, \quad (3)$$

Накопление усталостных повреждений (Пальмгрен-Майнер [12]):

$$D(t) = \sum (n_i / N_{pi}), \quad (4)$$

где k_1 — эмпирический коэффициент забиваемости; $I_{\text{изн}}$ — интенсивность износа, мкм/ч; N_{pi} — число циклов до разрушения по уравнению Велера [13]. Разрушение по усталости происходит при $D(t) = 1$.

Расчёт коэффициента забиваемости во времени для трёх отраслей представлен на рисунке 3.

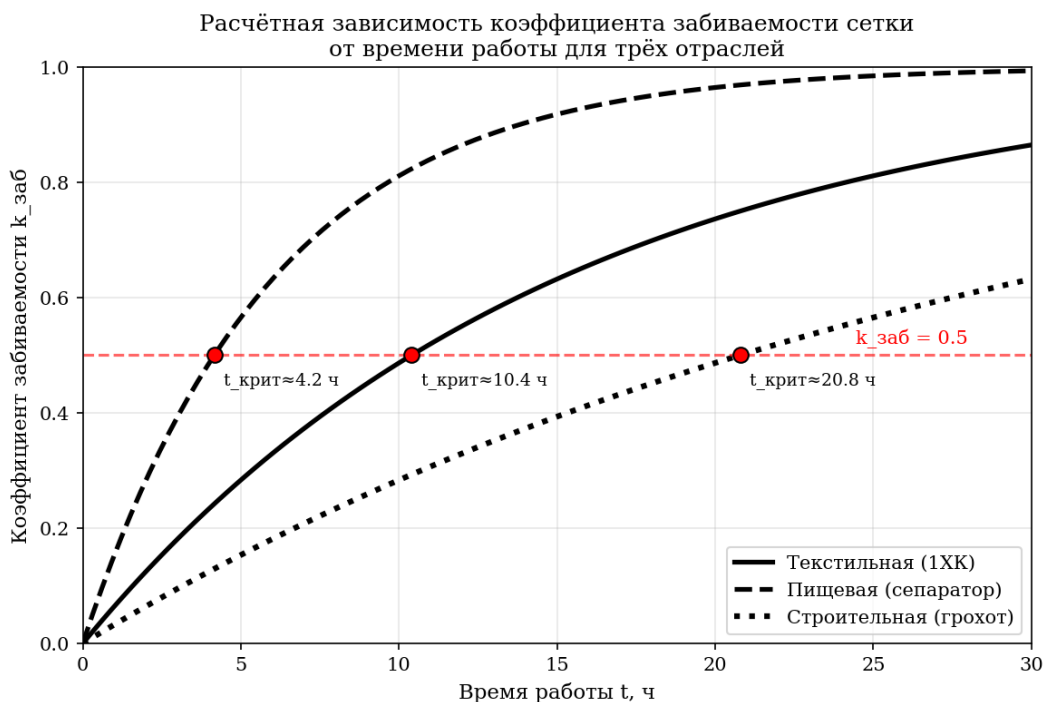


Рисунок 3. Расчётная зависимость коэффициента забиваемости $k_{заб}$ от времени работы для трёх отраслей

Из рисунка 3 следует, что критическое значение забиваемости ($k_{заб} = 0,5$, при котором живое сечение уменьшается вдвое) достигается за разное время в зависимости от условий эксплуатации: в пищевой отрасли — за ≈ 4 ч, в текстильной — за ≈ 10 ч, в строительной — за ≈ 21 ч. Это определяет различные межочистные интервалы эксплуатации в отраслях.

4. ВЕРОЯТНОСТНЫЙ БЛОК

В предположении независимости трёх деградационных процессов общая вероятность безотказной работы:

$$P(t) = P_{заб}(t) \cdot P_{изн}(t) \cdot P_{уст}(t), \quad (5)$$

где $P_{заб}$, $P_{изн}$, $P_{уст}$ — частные вероятности по каждому процессу. Средняя наработка до отказа:

$$T_o = \int_0^{\infty} P(t) dt. \quad (6)$$

Соотношения (1)–(6) образуют замкнутую систему модели. Параметры, необходимые для практического применения, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Параметры математической модели и способы их определения

Параметр	Описание	Способ определения
k_1	Эмпирический коэффициент забиваемости	Эксп. №1
$I_{изн}$	Интенсивность абразивного износа, мкм/ч	Эксп. №2

m, C	Параметры уравнения Велера	Эксп. №3
k_ф	Коэффициент формы частиц сора	По справочнику
q_сор	Удельная нагрузка по сору, кг/(м ² ·с)	По данным предприятия

ВЫВОДЫ

1. Разработана математическая модель работы сетчатой поверхности при отделении мелкого сора из пяти связанных блоков (рисунок 1).
2. Получены расчётные значения живого сечения для стандартных типоразмеров сеток по ГОСТ 3826-82 в диапазоне 37–58 %.
3. Расчётные кривые забиваемости показывают существенные различия в межочистных интервалах для трёх отраслей: пищевой ≈ 4 ч, текстильной ≈ 10 ч, строительной ≈ 21 ч.
4. Модель применима для практических расчётов в среде MS Excel и является основой для дальнейших экспериментальных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Джураев А., Ражабов О., Аманов М. Совершенствование технологии и конструкции рабочих органов очистителя хлопка от мелкого сора. — Ташкент: Фан ва технология, 2020. — 192 с.
2. Половко А.М., Гуров С.В. Основы теории надёжности. — 2-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 702 с.
3. ГОСТ 27.002-2015. Надёжность в технике. Термины и определения. — М.: Стандартиформ, 2016.
4. ГОСТ 3826-82. Сетки проволочные тканые с квадратными ячейками. Технические условия. — М.: ИПК Издательство стандартов, 2003.
5. Байханов Б.А., Усманов Х.С., Исмаилова М.Б. Анализ технологий очистки хлопка // Universum: технические науки. — 2025. — № 5(134). — URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/20209>.
6. Тангиров А.Э., Бозорбаев И.И., Долиев А.Т. и др. Разработка эффективной конструктивной схемы очистителя хлопка-сырца от мелкого сора // Universum: технические науки. — 2021. — № 3.
7. Усманов Д.А., Умарова М.О., Жумаев Н.К. Построение графика проекций поверхности отклика для типа барабана и формы сороудаляющей сетки // Проблемы современной науки и образования. — 2019. — № 11(144).
8. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьёв А.Д. Математические методы в теории надёжности. — М.: Наука, 1965. — 524 с.

9. Пардаев Б.Ч. и др. Разработка очистителя хлопка-сырца мелкого сора // *Universum: технические науки*. — 2023. — № 3(108).
10. Каталог продукции Pahtamash: очиститель 1ХК. — URL: <https://pahtamash.uz/product/1hk-ochistitel-hlopka-syrcza-kolkovyj/>.
11. Archard J.F. Contact and Rubbing of Flat Surfaces // *Journal of Applied Physics*. — 1953. — Vol. 24, No. 8. — P. 981–988.
12. Miner M.A. Cumulative Damage in Fatigue // *Journal of Applied Mechanics*. — 1945. — Vol. 12, No. 3. — P. A159–A164.
13. Серенсен С.В., Когаев В.П., Шнейдерович Р.М. Несущая способность и расчёты деталей машин на прочность. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1975. — 488 с.