

УДК 620.178.16 / 621.928

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ПРОВОЛОЧНЫХ СЕТОК ПО
АБРАЗИВНОЙ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ В УСЛОВИЯХ ОЧИСТИТЕЛЬНОГО
ОБОРУДОВАНИЯ**

Кабулов Мухаммадали Эргашалиевич

доцент кафедры «Технологические машины и оборудование»

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

E-mail: kabulov1961@gmail.com

Пулатова Садокат Абдурашидовна

магистрантка кафедры «Технологические машины и оборудование»

Наманганский государственный технический университет

Республика Узбекистан, г. Наманган

**ИНФОРМАЦИЯ О
СТАТЬЕ**

АННОТАЦИЯ:

ИСТОРИЯ СТАТЬИ:

Received: 23.06.2026

Revised: 24.06.2026

Accepted: 25.06.2026

**КЛЮЧЕВЫЕ
СЛОВА:**

*абразивная
износостойкость,
проволочная сетка,
материал, Ст3,
12X18H10T, латунь, закон
Арчарда, интенсивность
износа, ресурс сетки.*

В статье представлен сравнительный анализ трёх материалов проволочных сеток (углеродистая сталь Ст3, нержавеющая сталь 12X18H10T, латунь Л63) по абразивной износостойкости в условиях очистительного оборудования трёх отраслей промышленности. Применён закон Арчарда для теоретической оценки интенсивности износа. Систематизированы факторы, влияющие на износостойкость: твёрдость материала, коррозионная стойкость, трибологические свойства. Получены ориентировочные расчётные значения интенсивности износа и ресурса сетки для девяти комбинаций «материал сетки — обрабатываемый материал». Обоснованы рекомендации по выбору материала сетки для каждой отрасли с учётом критерия технико-экономической эффективности.

Введение

Абразивный износ проволоки является одним из основных видов отказа сетчатых рабочих поверхностей очистительного оборудования. От интенсивности износа напрямую зависит ресурс сетки и, соответственно, эксплуатационные затраты предприятия. Выбор оптимального материала проволоки для конкретных условий эксплуатации является важной инженерной задачей. Цель настоящей статьи —

теоретический сравнительный анализ трёх типичных материалов сеток (углеродистая сталь, нержавеющая сталь, латунь) по критерию абразивной износостойкости с учётом отраслевой специфики и формулирование рекомендаций по выбору материала.

1. ХАРАКТЕРИСТИКА ИССЛЕДУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

В очистительном оборудовании для изготовления сеток применяются три основные группы материалов: углеродистые конструкционные стали, коррозионностойкие нержавеющие стали и сплавы на основе меди (латуни и бронзы). В качестве представителей этих групп выбраны:

Сталь Ст3 (08Г2С) — углеродистая конструкционная сталь общего назначения. Применяется для изготовления сеток, работающих в обычных атмосферных условиях, в строительной и текстильной отраслях при отсутствии повышенных коррозионных нагрузок. Характеристики: твёрдость 150–180 НВ, предел прочности 380–470 МПа, относительная стоимость — низкая.

Сталь 12Х18Н10Т — высоколегированная коррозионностойкая аустенитная сталь. Содержит около 18 % хрома и 10 % никеля, что обеспечивает высокую коррозионную стойкость в широком диапазоне сред. Применяется в пищевой промышленности (обязательно), в текстильной (рекомендуется) и при контакте с агрессивными средами. Характеристики: твёрдость 150–200 НВ (после термообработки), предел прочности 510–620 МПа, относительная стоимость — высокая.

Латунь Л63 — медно-цинковый сплав с содержанием меди около 63 %. Применяется в текстильной отрасли благодаря низкой склонности к накоплению статического электричества, что важно при работе с волокнистыми материалами. Характеристики: твёрдость 65–85 НВ (значительно ниже сталей), предел прочности 300–380 МПа, относительная стоимость — средняя (зависит от цены меди).

2. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА АБРАЗИВНОГО ИЗНОСА

Теоретической основой расчёта абразивного износа является закон Арчарда, согласно которому объём изношенного материала пропорционален пройденному пути трения и нормальной силе и обратно пропорционален твёрдости материала [2]:

$$V = k_2 \cdot F \cdot L / H, \quad (1)$$

где V — объём изношенного материала, м³; k_2 — безразмерный коэффициент износа, зависящий от пары трения и условий нагружения; F — нормальная сила, Н; L — путь трения, м; H — твёрдость материала, Па.

Применительно к проволоке сетки скорость уменьшения её диаметра под действием абразивных частиц:

$$dd/dt = -k_2 \cdot \sigma \cdot v_{отн} / H, \quad (2)$$

где σ — давление абразивных частиц на проволоку, Па; $v_{отн}$ — относительная скорость движения частиц, м/с.

В упрощённой линейной форме (что справедливо при постоянных условиях нагружения) износ проволоки описывается соотношением:

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

где $I_{\text{изн}}$ — интенсивность износа, мкм/ч (определяется экспериментально). Расчётный ресурс сетки до достижения предельного износа ($d_{\text{доп}} = 0,7 \cdot d_0$):

$$T_{\text{рес}} = (d_0 - d_{\text{доп}}) / I_{\text{изн}} = 0,3 \cdot d_0 / I_{\text{изн}}. \tag{4}$$

3. ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ

Износостойкость материала проволоки определяется комплексом факторов, среди которых ключевыми являются: твёрдость материала, пластичность (способность к деформации без разрушения), коррозионная стойкость и трибологические свойства (коэффициент трения в паре с конкретным абразивом).

Твёрдость по Бринеллю является основным показателем сопротивления абразивному износу. Чем выше твёрдость, тем меньше скорость износа. По этому критерию стали (150–200 НВ) превосходят латунь (65–85 НВ) приблизительно в 2 раза, что должно соответствовать примерно двукратному отличию ресурса.

Коррозионная стойкость становится критической при работе во влажных средах, кислых или щелочных условиях. В этом отношении 12Х18Н10Т значительно превосходит Ст3 и латунь. При коррозионно-абразивном износе (одновременное действие коррозии и абразива) интенсивность износа увеличивается в 2–5 раз по сравнению с чисто абразивным.

Трибологические свойства определяют коэффициент трения в паре «проволока — частица абразива». Латунь имеет более низкий коэффициент трения с минеральными абразивами, что частично компенсирует её меньшую твёрдость. В текстильной отрасли латунь также демонстрирует низкую склонность к электростатическим явлениям, что важно при работе с волокнистыми материалами.

4. РАСЧЁТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ ИНТЕНСИВНОСТИ ИЗНОСА И РЕСУРСА

На основании анализа литературных данных и общих закономерностей получены ориентировочные оценки интенсивности абразивного износа и расчётного ресурса для девяти комбинаций «материал сетки — обрабатываемый материал». Расчёт выполнен для проволоки диаметром $d_0 = 0,4$ мм, $d_{\text{доп}} = 0,28$ мм (приращение износа 0,12 мм). Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1.

Ориентировочные значения интенсивности износа и ресурса для трёх материалов сеток в трёх отраслях

Отрасль	Материал сетки	$I_{\text{изн}}$, мкм/ч	$T_{\text{рес}}$, ч
Текстильная (1ХК)	Ст3	0,15–0,3	400–800
Текстильная (1ХК)	12Х18Н10Т	0,1–0,2	600–1200
Текстильная (1ХК)	Латунь Л63	0,3–0,5	240–400
Пищевая	Ст3	недопустимо	—

Пищевая	12X18H10T	0,2–0,4	300–600
Пищевая	Латунь Л63	0,4–0,6	200–300
Строительная	Ст3	1,0–2,5	48–120
Строительная	12X18H10T	0,8–2,0	60–150
Строительная	Латунь Л63	2,0–4,0	30–60

Примечание. Все значения являются предварительными расчётными ориентирами на основе анализа литературных данных и подлежат уточнению по результатам экспериментальных исследований.

Анализ таблицы 1 позволяет сделать ряд важных выводов. Во-первых, ресурс сетки в строительной отрасли на порядок меньше, чем в текстильной и пищевой, что подтверждает доминирующую роль абразивного износа именно в этой отрасли. Во-вторых, нержавеющая сталь 12X18H10T демонстрирует наиболее высокий ресурс во всех трёх отраслях, особенно в текстильной (600–1200 ч). В-третьих, латунь имеет существенно меньший ресурс по сравнению со сталями из-за меньшей твёрдости.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЫБОРА

Выбор оптимального материала сетки требует учёта не только технических, но и экономических факторов. Удельные затраты на эксплуатацию сетки составляют:

$$C_{уд} = C_{сет} / T_{рес} + C_{простой}, \quad (5)$$

где $C_{сет}$ — стоимость одной сетки; $C_{простой}$ — затраты, связанные со сменой сетки. Чем выше ресурс, тем меньше $C_{сет}/T_{рес}$, но $C_{сет}$ также растёт при использовании более качественного материала. Это создаёт оптимизационную задачу.

Применительно к трём отраслям обобщённые рекомендации следующие:

В текстильной отрасли (1ХК) рекомендуется применение нержавеющей стали 12X18H10T несмотря на её более высокую стоимость, поскольку она обеспечивает наибольший ресурс. Альтернативно — латунь Л63 при необходимости снижения статического электричества, но с меньшим ресурсом.

В пищевой отрасли применение углеродистых сталей категорически недопустимо по санитарно-гигиеническим требованиям. Рекомендуется 12X18H10T или AISI 304/316. Латунь применима только в ограниченных случаях (без контакта с агрессивными пищевыми средами).

В строительной отрасли при коротком ресурсе сеток применение дорогой нержавейки экономически нецелесообразно. Рекомендуется Ст3 или Ст45 как наиболее экономичный вариант. При особо тяжёлых условиях допускается применение специальных износостойких сталей (Hardox), что даёт ресурс в 2–3 раза выше при пропорционально большей стоимости.

ВЫВОДЫ

1. Проведён сравнительный анализ трёх материалов проволочных сеток (Ст3, 12X18H10T, латунь Л63) по абразивной износостойкости с применением закона Арчарда. Обоснована методика расчёта интенсивности износа и ресурса сетки.

2. Систематизированы факторы, влияющие на износостойкость: твёрдость материала (главный фактор), коррозионная стойкость и трибологические свойства. Показано, что коррозионно-абразивный износ может в 2–5 раз превосходить чисто абразивный.

3. Получены ориентировочные расчётные значения интенсивности износа и ресурса сетки для девяти комбинаций «материал — обрабатываемый материал». Установлено, что нержавеющая сталь 12X18H10T обеспечивает наибольший ресурс во всех отраслях, латунь — наименьший.

4. Сформулированы рекомендации по выбору материала сетки с учётом технико-экономической эффективности: для текстильной и пищевой отраслей — 12X18H10T; для строительной — Ст3 или Ст45 как экономически целесообразный вариант с допустимым ресурсом.

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.: Стандартинформ, 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 1XK. — URL: <https://pahtamash.uz/product/1hk-ochistitel-hlopka-syrcza-kolkovyj/>.