

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗДЕЛИЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК677.051.174

EDN LGUCTL

<https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-1-67-47-52>

Илья Гайкович Хосровян¹

Анна Андреевна Жукова²

Александр Арменович Хосровян³

Рустем Равилевич Алешин⁴

Гайк Амаякович Хосровян⁵

^{1,2,4,5} Ивановский государственный политехнический университет, г. Иваново, Россия

³ Ивановский химико-технологический университет, г. Иваново, Россия

¹ ask_smart@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0009-4708-3492>

² annazh008@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0008-2868-4930>

³ alexplay06@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0005-8779-1590>

⁴ rustem_box2004@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3714-2665>

⁵ khosrovyan_haik@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0007-1759-1053>

РАЗРАБОТКА И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РАЗРЫХЛИТЕЛЯ-ОЧИСТИТЕЛЯ ВОЛОКНИСТЫХ МАТЕРИАЛОВ

***Аннотация.** В статье приводятся особенности конструкции разработанного разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов, обеспечивающие улучшение процессов разрыхления и очистки волокнистой массы, а также своевременный непрерывный сбор и отвод технологического воздуха с сорными примесями. Выполнены теоретические исследования по определению силового воздействия рабочих элементов барабана разработанного разрыхлителя-очистителя на волокнистые клочки. Получены зависимость удельной силы удара от радиусов волокнистого клочка и барабана, а также зависимость удельной силы удара от скорости вращения барабана и от радиуса волокнистого клочка. Представлены результаты производственных исследований, выполненных на разрыхлительно-очистительном агрегате с использованием разработанного разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов, подтверждающие повышение эффективности очистки волокнистой смеси.*

***Ключевые слова:** разрыхлитель-очиститель, разрыхление, очистка, волокнистый клочок, удельная сила удара, радиус барабана, скорость вращения*

***Для цитирования.** Разработка и теоретические исследования разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов / И. Г. Хосровян, А. А. Жукова, А. А. Хосровян, Р. Р. Алешин, Г. А. Хосровян // Технологии и качество. 2025. № 1(67). С. 47–52. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-1-67-47-52>.*

Original article

Илья Г. Khosrovyan¹

Anna A. Zhukova²

Alexander A. Khosrovyan³

Rustem R. Alyoshin⁴

Gaik A. Khosrovyan⁵

^{1,2,4,5} Ivanovo State Polytechnical University, Ivanovo, Russia

³ Ivanovo State University of Chemical Technology, Ivanovo, Russia

DEVELOPMENT AND THEORETICAL RESEARCH BAKING POWDER CLEANER FOR FIBROUS MATERIALS

© Хосровян И. А., Жукова А. А., Хосровян А. А., Алешин Р. Р., Хосровян Г. А., 2025

Abstract. The article presents the design features of the developed baking powder cleaner for fibrous materials, which improve the processes of loosening and cleaning the fibrous mass, as well as timely continuous collection and removal of process air with weeds. Theoretical studies have been carried out to determine the force effect of the working elements of the drum of the developed baking powder cleaner on fibrous shreds. The dependence of the specific impact force on the radii of the fibrous patch and the drum, as well as the dependence of the specific impact force on the speed of rotation of the drum and on the radius of the fibrous patch are obtained. The results of production studies performed on a baking powder cleaning unit using the developed baking powder cleaner for fibrous materials are presented, confirming an increase in the efficiency of cleaning the fibrous mixture.

Keywords: baking powder-cleaner, loosening, cleaning, fibrous shred, specific impact force, drum radius, rotation speed

For citation: Khosrovyan I. G., Zhukova A. A., Khosrovyan A. A., Alyoshin R. R., Khosrovyan G. A. Development and theoretical research baking powder cleaner for fibrous materials. *Technologies & Quality*. 2025. No 1(67). P. 47–52. (In Russ.). <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2025-1-67-47-52>.

На сегодняшний день по-прежнему актуальной является разработка технологического оборудования для текстильной промышленности, в том числе разрыхлителей-очистителей, которые отвечают современным требованиям, а также выполнение теоретических и экспериментальных исследований для описания протекающих на них технологических процессов [1–3].

Особое значение при выполнении теоретических и экспериментальных исследований имеет изучение воздействия механических и аэродинамических сил на волокна при их разрыхлении и очистке на технологическом оборудовании, а также влияния конструкции рабочих органов оборудования на улучшение физико-механических показателей полуфабриката и готовой продукции [4–7].

Разработанный нами разрыхлитель-очиститель является представителем нового поколения

технологического оборудования благодаря оригинальной конструкции и возможности управления движением технологических воздушных потоков, которые обеспечивают улучшение процессов разрыхления и очистки волокнистой массы, а также своевременный непрерывный сбор и отвод технологического воздуха с сорными примесями [8].

Разрыхлитель-очиститель волокнистых материалов содержит входной патрубок 1, колковые барабаны 2 и 3, на которых колки 4 расположены по спирали в два захода, колосниковую решетку 5, турбулентные направляющие пластины 6, перфорированные ограждения 7, ограждение в виде конфузора 8, канал 9 для отвода технологического воздуха с сорными примесями, пухом и пылью, выходной патрубок 10, щели на боковой стенке 11, угарную камеру 12, канал для отвода сорных примесей 13 (рис. 1).

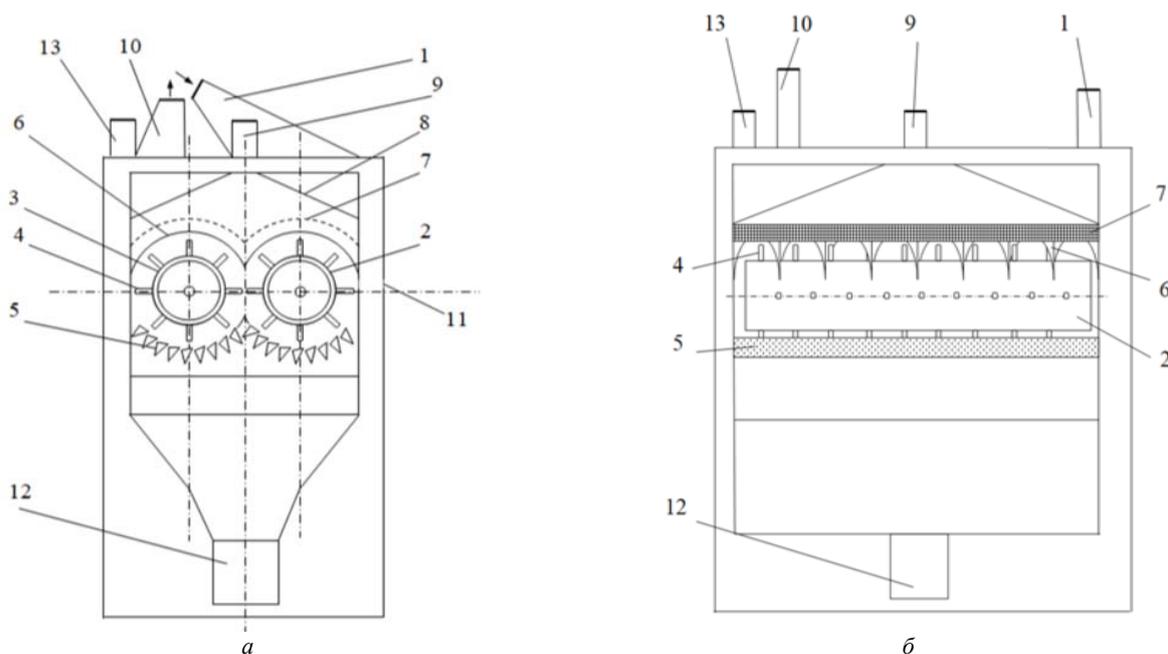


Рис. 1. Схема разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов: а – вид спереди; б – вид с боку

Особенностью конструкции разработанного разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов является то, что он оснащен специальными турбулентными направляющими пластинами 6, которые обеспечивают восьмикратное прохождение воздушно-волокнистой массы вокруг колковых барабанов 2 и 3 по спирали в отличие от 2–3-кратного прохода – без использования специальных турбулентных направляющих пластин.

Турбулентные направляющие пластины предназначены для ликвидации хаотичности воздушно-волокнистого потока и создания определенно направленных потоков. За счет установленных турбулентных направляющих пластин происходит разделение общего большого воздушно-волокнистого потока, состоящего из малых хаотично направленных внутри общего потоков, на отдельные малые потоки. На турбулентных направляющих пластинах происходит направленный процесс реорганизации потоков и вместе с тем снижение турбулентности за счет обтекания ими нескольких турбулентных направляющих пластин, таким образом, турбулентное движение общего воздушного потока преобразуется в ламинарные движения малых потоков. Важно отметить, что поперечное сечение турбулентных направляющих пластин уменьшается от большего к меньшему, поэтому воздушный поток входит в рабочую зону с меньшей турбулентностью. Установка турбулентных направляющих пластин обеспечивает направленное движение воздушно-волокнистой массы к месту встречи с колками обоих барабанов, т. е. в зону разрыхления, тем самым обеспечивая увеличение эффективности разрыхления. Кроме того, турбулентные пластины обеспечивают восьмикратное прохождение воздушно-волокнистой массы вокруг барабанов по спирали, что также приводит к увеличению эффективности разрыхления.

Над турбулентными направляющими пластинами 6 размещены перфорированные ограждения 7, а выше них установлен конфузор 8, соединенный с каналом 9 для непрерывного сбора и отвода технологического воздуха с сорными примесями, пухом и пылью. Тогда как в известных разрыхлителях-очистителях выделившиеся сорные примеси, пух и пыль вместе с технологическим воздухом возвращаются в волокнистый материал и переходят вместе с ним на следующую машину.

На боковой стенке разрыхлителя-очистителя размещены щели 11 для подачи дополнительного воздушного потока.

Для определения силового воздействия рабочих элементов барабана разрыхлителя-очистителя на волокнистые клочки были выполнены теоретические исследования [8].

Установлено, что удельная величина силы удара колка о клочок волокон $\bar{F}_{уд}$ определяется по формуле [8]

$$\bar{F}_{уд} = \frac{F_{уд}}{mg} = \frac{[\omega(R_б + h_{кол})]^2}{k_{уд}gR_{кл}} \quad (1)$$

или

$$\bar{F}_{уд} = \frac{\pi^2 n^2 (R_б + h_{кол})^2}{900 k_{уд}gR_{кл}},$$

где m – масса волокнистого клочка;
 g – ускорение свободного падения;
 ω – угловая скорость вращения колкового барабана;
 $R_б$ – радиус колкового барабана;
 $h_{кол}$ – длина колка;
 n – частота вращения колкового барабана;
 $R_{кл}$ – радиус волокнистого клочка (сжимаемый воздухопроницаемый шар);
 $k_{уд}$ – коэффициент, учитывающий эффект сжатия клочка волокон при ударе, $k_{уд} < 1$.

Как следует из (1), сила удара колка о волокнистый клочок практически пропорциональна квадрату радиуса колкового барабана. Следовательно, увеличение радиуса колкового барабана интенсифицирует процесс обработки волокнистого клочка в узле разрыхления разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов, т. е. интенсифицирует процесс разделения волокнистых клочков на меньшие части, разрушения связей и отделения сорных примесей от волокон.

Зависимость удельной силы удара от радиуса волокнистого клочка и барабана представлена на рисунке 2.

Далее было выполнено моделирование удельной силы удара по волокнистому клочку в зависимости от скорости вращения барабана и радиуса волокнистого клочка. Результаты моделирования представлены в виде графиков на рисунке 3.

На волокнистый клочок при его разрыхлении на колосниковой решетке действуют сила тяжести $m\vec{g}$, $\vec{F}_а$ – аэродинамическая сила; $\vec{F}_{рас}$ – растаскивающая сила; \vec{N} – реакция опоры; $\vec{F}_{ц}$ – центробежная сила; $\vec{F}_{тр}$ – сила трения волокнистого клочка о поверхность рабочей грани ко-

лосника; $\vec{F}_{\text{кл}}$ – сила, действующая на волокнистый клочок со стороны колка; $\vec{F}_{\text{сопр}}$ – сила

сопротивления, обусловленная ударным воздействием колосников на волокнистый клочок (рис. 4).

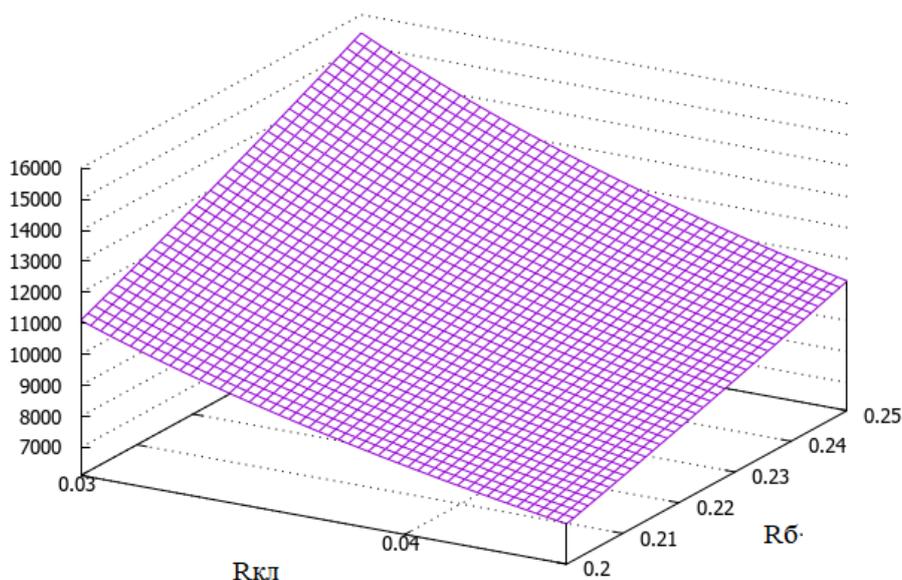


Рис. 2. Зависимость удельной силы удара от радиусов волокнистого клочка и барабана

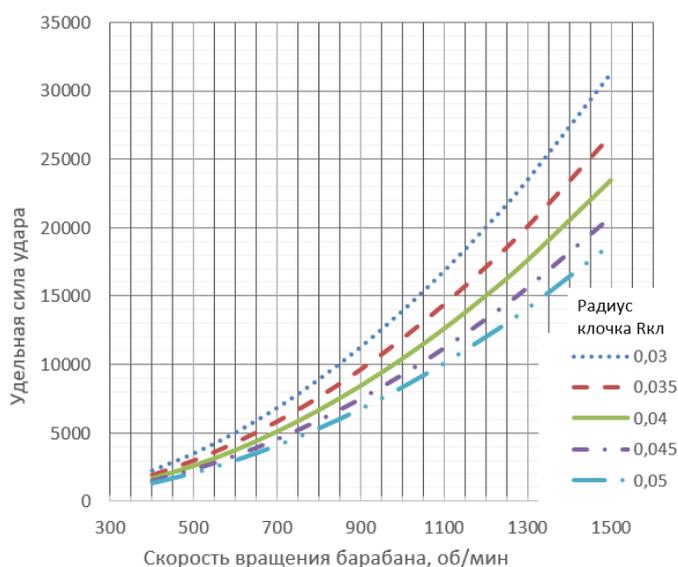


Рис. 3. Зависимость удельной силы удара по волокнистому клочку от скорости вращения барабана и радиуса волокнистого клочка

При увеличении радиуса барабана уменьшается как угловой сектор, в котором происходит движение волокнистого клочка после сброса с колка, так и время, за которое волокнистый клочок достигает зоны колосниковой решетки. То есть при увеличении радиуса барабана волокнистые клочки быстрее достигают зоны колосниковой решетки и поэтому на них более длительное время действует растаскивающая сила.

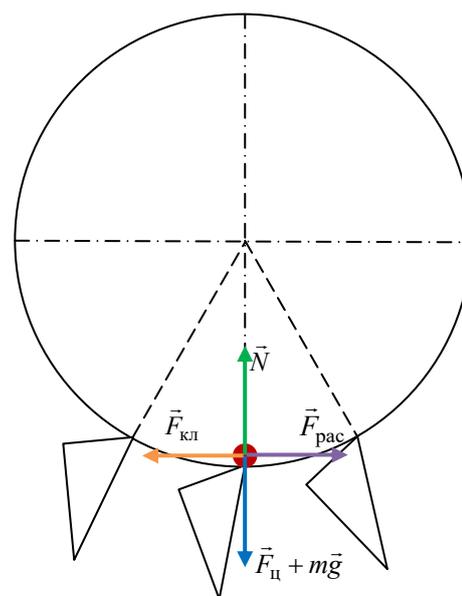


Рис. 4. Схема действия сил на волокнистый клочок при его разрывании на колосниковой решетке

Силы $\vec{F}_{\text{тр}}$, \vec{F}_a , $\vec{F}_{\text{сопр}}$ действуют на волокнистый клочок в направлении, противоположном его движению, следовательно, суммарное действие этих сил производит растаскивающий эффект, т. е. растаскивающая сила

$$\vec{F}_{\text{рас}} = \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{F}_a + \vec{F}_{\text{сопр}}.$$

В конечном итоге величина растаскивающей силы равна [8, 9]

$$\vec{F}_{\text{рас}} = km[\omega^2(R_{\text{б}} + h_{\text{кол}}) + g] + mg \frac{|\omega(R_{\text{б}} + h_{\text{кол}}) - V_{\text{а,р}}|}{V_{\text{вит}}^2} + F_{\text{сопр}}, \quad (2)$$

где $V_{\text{а,р}}$ – скорость воздуха на уровне центра масс клочка волокон;

$V_{\text{вит}}$ – скорость витания клочка волокон;

k – коэффициент трения клочка волокон о поверхность колосника.

Учитывая результаты теоретических и экспериментальных исследований, был увеличен диаметр колкового барабана до 530 мм, а длина колка уменьшена до 80 мм при общем диаметре барабана по колкам 610 мм.

Производственные испытания показали, что эффективность очистки смеси на разрыхлительно-очистительном агрегате с использованием разработанного разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов возросла на 10,3%. Качество полуфабриката улучшилось, а именно: снизилось количество пороков в чесальной ленте, содержание сора по массе на 31,9%, содержание узелков на 42,3%, содержание кожицы с волокном по массе на 25%.

Расход воздуха в разрыхлителе-очистителе волокнистых материалов на входе волокнистого материала с использованием быстроходного конденсора КБ-3 составил 0,6...2,0 м³/с. Для обеспыливания над специальными турбулентными направляющими пластинами использовался фильтр ФТ-2М, расход воздуха составил

1,9...2,0 м³/с. На выходе волокнистого материала из разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов, который обеспечивался СН-3, расход воздуха составил 1,2...1,4 м³/с.

ВЫВОДЫ

1. Разработан разрыхлитель-очиститель волокнистых материалов, обеспечивающий улучшение процессов разрыхления и очистки волокнистой массы, а также своевременный непрерывный сбор и отвод технологического воздуха с сорными примесями.

2. Выполнены теоретические исследования по определению силового воздействия рабочих элементов барабана разрыхлительно-очистителя на волокнистые клочки. Получены зависимость удельной силы удара от радиусов волокнистого клочка и барабана, а также зависимость удельной силы удара от скорости вращения барабана и от радиуса волокнистого клочка. Показано, что сила удара колка о волокнистый клочок практически пропорциональна квадрату радиуса рабочего барабана.

3. Выполнено моделирование удельной силы удара по волокнистому клочку в зависимости от скорости вращения барабана и радиуса волокнистого клочка, результаты которого представлены в виде номограммы. Полученные результаты можно использовать при проектировании оборудования для разрыхления и очистки.

4. Производственные исследования подтвердили рост эффективности очистки волокнистой смеси на разрыхлительно-очистительном агрегате с использованием разработанного разрыхлителя-очистителя волокнистых материалов.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Хосровян. И. Г., Красик Т. Я., Хосровян Г. А. Общая теория динамики волокнистых комплексов в процессе их взаимодействия с рабочими органами разрыхлителя // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2012. № 6(342). С. 194–197.
2. Хосровян А. Г., Хосровян Г. А. Математическое моделирование процесса очистки волокнистых материалов в разрыхлителе-очистителе // Международный научно-исследовательский журнал. 2021. Ч. 1, № 4(106). С. 86–92.
3. Теоретические исследования процесса движения волокнистого клочка по рабочему элементу барабана разрыхлителя-очистителя / А. Г. Хосровян, А. А. Жукова, И. Г. Хосровян, Г. А. Хосровян // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. Ч. 1, № 7(121). С. 23–31.
4. Корабельников Р. В., Новиков Э. В. Взаимодействие волокна с билами многобильного барабана в процессе его односторонней очистки // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2006. № 2(289). С. 32–35.
5. Корабельников Р. В., Новиков Э. В. Влияние радиуса кромки бильной планки на силу натяжения в начальный момент взаимодействия била с волокном в процессе трепания // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2006. № 3(290). С. 28–31.
6. Экспериментальная проверка влияния обработки трепаного льна католитом на качественные параметры прочеса / С. Г. Смирнова, А. П. Соркин, П. Н. Рудовский, А. Б. Гаврилова, В. Л. Петров // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2008. № 17. С. 18–21.

7. Рудовский П. Н., Белова И. С., Сахарова Н. С. Определение числа контактов между волокнами в поперечном сечении продукта прядения // Технологии и качество. 2023. № 2(60). С. 20–24.
8. Патент РФ № 2785538 Российская Федерация. Разрыхлитель-очиститель волокнистых материалов: № 2022107939, опублик. 08.12.2022 / Г. А. Хосровян, А. А. Жукова, А. Г. Хосровян ; заявитель и патентообладатель Ивановский государственный политехнический университет.
9. Математическое моделирование процесса разрыхления волокнистой массы в зоне колосниковой решетки на разработанном оборудовании / И. Г. Хосровян, С. А. Родионов, А. А. Жукова, Г. А. Хосровян // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2023. № 1(403). С. 127–132.

REFERENCES

1. Khosrovyan I. G., Krasik, T. Ya., Khosrovyan G. A. The general theory of dynamics of fibrous complexes in the process of their interaction with working elements of an opener. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2012;6(342):194–197. (In Russ.)
2. Khosrovyan A. G., Khosrovyan G. A. Mathematical simulation of the process of cleaning fibrous materials in a cotton opening and cleaning machine. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Scientific Research Journal]. 2021;4(106):86–92. (In Russ.)
3. Khosrovyan A. G., Zhukova A. A., Khosrovyan I. G., Khosrovyan G. A. Theoretical research of the movement process of a fibrous shred in the working element of a detergent-cleaner drum. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal* [International Scientific Research Journal]. 2022;7(121):23–31. (In Russ.)
4. Korabelnikov R. V., Novikov E. V. Interaction of the fibre with beaters of multi-bladed cylinder in the process of its one-sided cleaning. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2006;2(289):32–35. (In Russ.)
5. Korabelnikov R. V., Novikov E. V. The influence of the radius of the edge bar on the tension force at the initial moment of the interaction of the bill with the fiber in the fluttering process*. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2006;3(290):28–31. (In Russ.)
6. Smirnova S. G., Sorkin A. P., Rudovsky P. N., Gavrilova A. B., Petrov V. L. Experimental checking influence of scotching flax treatment by catholyte upon combing quality parameters. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of Kostroma State Technological University]. 2008;17:18–21. (In Russ.)
7. Rudovsky P. N., Belova I. S., Sakharova N. S. Determination of the number of contacts between fibers in the cross section of the spinning product. *Tekhnologii i kachestvo* [Technology & Quality]. 2023;2(60):20–24. (In Russ.)
8. Khosrovyan G. A., Zhukova A. A., Khosrovyan A. G. Patent RF No. 2785538 Russian Federation. Baking powder cleaner for fibrous materials: No. 2022107939, published on 12/08/2022; applicant and patent holder of Ivanovo State Polytechnic University. (In Russ.)
9. Khosrovyan I. G., Rodionov S. A., Zhukova A. A., Khosrovyan G. A. Mathematical modeling of loosening process of fibrous mass in grate area on the developed equipment. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Proceedings of Higher Educational Institutions. Series Textile Industry Technology]. 2023;1(403):127–132. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 11.02.2025
Принята к публикации 17.02.2025

* Перевод названия источника выполнен авторами статьи / Translated by author's of the article.