

## ОЦЕНКА ФИЛЬТРУЮЩИХ СВОЙСТВ ТРИКОТАЖНЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ НИТЕЙ

### ESTIMATION OF FILTERING PROPERTIES OF KNITTED MATERIALS FROM FUNCTIONAL THREAD

УДК 677.017

**Н.В. Скобова\*, А.И. Сосновская, В.Н. Потоцкий**  
*Витебский государственный технологический университет*

<https://doi.org/10.24411/2079-7958-2020-13914>

**N. Skobova\*, A. Sosnovskaya, V. Potoski**  
*Vitebsk State Technological University*

#### РЕФЕРАТ

*ВЫСОКОУСАДОЧНАЯ НИТЬ, ТРИКОТАЖНЫЙ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ, ТЕРМООБРАБОТКА, СВЧ, ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА*

*В настоящее время широкое применение получили текстильные фильтры различной структуры, основная задача которых состоит в обеспечении минимальных пылегазовых выбросов с тем, чтобы не превышать предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздушной среде. Для минимизации выбросов в атмосферу различных загрязнителей разрабатывались структуры трикотажных фильтровальных материалов с использованием функциональных нитей. Проведены исследования фильтрующих свойств текстильных материалов, таких как пылеемкость, пылепроницаемость, для выявления оптимального переплетения, сырьевого состава и способа термообработки полотен, обеспечивающих высокую эффективность очистки газозвудушных смесей от мелкодисперсной пыли.*

#### ABSTRACT

*COMPLEX HIGH SHRINKING THREAD, KNITTED FILTER MATERIAL, HEAT TREATMENT, MICROWAVE, FUNCTIONAL PROPERTIES*

*At present, textile filters of various structures are widely used, the main task of which is to ensure minimum dust and gas emissions in order not to exceed the maximum permissible concentration of harmful substances in the air. Structures of knitted filter materials using functional threads have been developed to minimize the emission of various pollutants into the atmosphere. Research has been carried out on the filtering properties of textile materials, such as dust holding capacity, and dust permeability, in order to identify the optimal weaving, raw material composition and method of heat treatment of fabrics that provide high efficiency of cleaning gas-air mixtures from fine dust.*

#### ВВЕДЕНИЕ

Во многих отраслях промышленности продолжает увеличиваться количество промышленных выбросов. Это влечет за собой не только ухудшение экологической обстановки, но и ставит под угрозу существование самого человека. В связи с этим большое внимание уделяется развитию методов промышленной и санитарной очистке различных дисперсных систем. Поэтому требования экологической безопас-

ности обуславливают применение новых, высокоэффективных средств очистки воздуха для сохранения чистоты атмосферы, особенно в густонаселённых регионах [1]. Эффективные пылеулавливающие системы являются надежным средством защиты производственных помещений, способствуют сохранению здоровья трудящихся, повышению производительности труда, позволяют обеспечить пожаробезопасность, увеличить срок службы технологического оборуду-

\* E-mail: [skobova-nv@mail.ru](mailto:skobova-nv@mail.ru) (N. Skobova)

дования. В большинстве случаев улавливаемая пыль является ценным сырьем. В настоящее время широкое применение получили текстильные фильтры различной структуры, основная функция которых состоит в обеспечении минимальных пылегазовых выбросов с тем, чтобы не превышать предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздушной среде.

Из литературных источников [2, 3] установлено, что в соответствии с задачами фильтрации фильтрующий материал из химических волокон должен удовлетворять следующим требованиям:

- иметь структуру, обеспечивающую высокую проницаемость для фильтруемых воздуха и газов, высокую степень (тонкость) очистки и минимальное гидравлическое сопротивление;

- в зависимости от физических и химических свойств фильтруемой среды и технологических условий процесса фильтрования материал должен быть механически прочным, обладать, соответственно, химической, тепловой, антикоррозийной и биологической стойкостью;

- иметь такую поверхность, которая обеспечивает легкость и полноту снятия осадка с поверхности трикотажа, а также его быструю очистку и промывку;

- быть максимально равномерным, без пороков, достаточно износоустойчивым;

- выдерживать нагрузки при фильтровании и регенерации.

Трудно подобрать фильтрующий материал, удовлетворяющий всем перечисленным требованиям. В конкретных условиях фильтрации приобретает значение удовлетворение одного или двух из числа перечисленных требований, которые и становятся определяющими при выборе наиболее подходящего фильтрующего материала.

Наибольший интерес представляет применение для изготовления фильтровальных материалов химических нитей со специальными свойствами, для получения готового продукта, удовлетворяющего большинству перечисленных свойств.

#### ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЙ

На кафедрах «Технология текстильных материалов» и «Экология и химические технологии» ведется работа по созданию трикотажных

фильтрующих структур для фильтрации воздуха от мелкодисперсных пылевых частиц. Для производства фильтров в качестве исходного сырья использовались полиэфирные нити с функциональными свойствами производства ОАО «СветлогорскХимволокно»: текстурированная нить линейной плотности 9,2 *текс*; комплексная высокоусадочная нить линейной плотности 16,8 *текс*, текстурированная микрофиламентная пневмосоединенная нить линейной плотности 16,7 *текс* *f*288 [4]. Для проявления функциональных свойств высокоусадочного компонента, входящего в состав каждого опытного образца, полотна подвергались термообработке в среде горячей воды при температуре 70 °С и 100 °С и в условиях электромагнитных волн сверхвысокой частоты при мощности 300 *Вт* и 800 *Вт* [5, 6].

Сырьевой состав и виды переплетений образцов трикотажных полотен представлены в таблице 1.

Цель проводимой работы – изучив фильтрующие свойства трикотажных полотен, выбрать оптимальный сырьевой состав, переплетение и способ термообработки полотна для обеспечения высокой эффективности очистки сред от загрязнителей.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На сегодняшний день существует ряд стандартов по установлению нормативов некоторых физико-механических свойств фильтров: разрывная нагрузка, воздухопроницаемость, изменение линейных размеров, термостойкость, удельное электрическое сопротивление, гигроскопичность (ГОСТ 30236-95), проницаемость фильтра, его эффективность очистки (ГОСТ Р 51251-99). Однако нет стандарта по установлению методов испытаний и применяемого лабораторного оборудования по определению фильтрующих свойств трикотажных фильтров: показателей пылеемкости и пылепроницаемости. Поэтому для оценки этих свойств был разработан экспериментальный стенд, имитирующий процесс очистки газоздушных смесей (рисунок 1).

Исследуемые образцы фильтровального полотна вставлялись в корпус удерживающего приспособления (рисунок 2). От вентилятора 1 шла подача воздуха на газовый счетчик ГКФЛ

Таблица 1 – Характеристика опытных образцов

Номер образца	Переплетение	Сырьевой состав
Образец № 1	ластик 1+1	комплексная высокоусадочная полиэфирная нить 16,8 текс x 6 с длиной нити в петле 6,2 мм
Образец № 2		комплексная высокоусадочная полиэфирная нить 16,8 текс x 6 с длиной нити в петле 6,5 мм
Образец № 3	производное комбинированное переплетение	грунт – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 3,54 мм; уток – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить линейной плотности 16,8 текс с длиной нити в петле 2 мм
Образец № 4		грунт – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 3,72 мм; уток – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить с длиной нити в петле 2 мм
Образец № 5		грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить с длиной нити в петле 1,7 мм; уток – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 2,7 мм
Образец № 6		грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить с длиной нити в петле 1,52 мм; уток – ПЭ 9,2 текс x2 с длиной нити в петле 2,8 мм
Образец № 7	переплетение двуластик	комплексная высокоусадочная полиэфирная нить линейной плотности 16,8 текс
Образец № 8	производное комбинированное переплетение	грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить, уток – текстурированная микрофиламентная пневмосоединенная полиэфирная нить с длиной нити в петле 2,8 мм

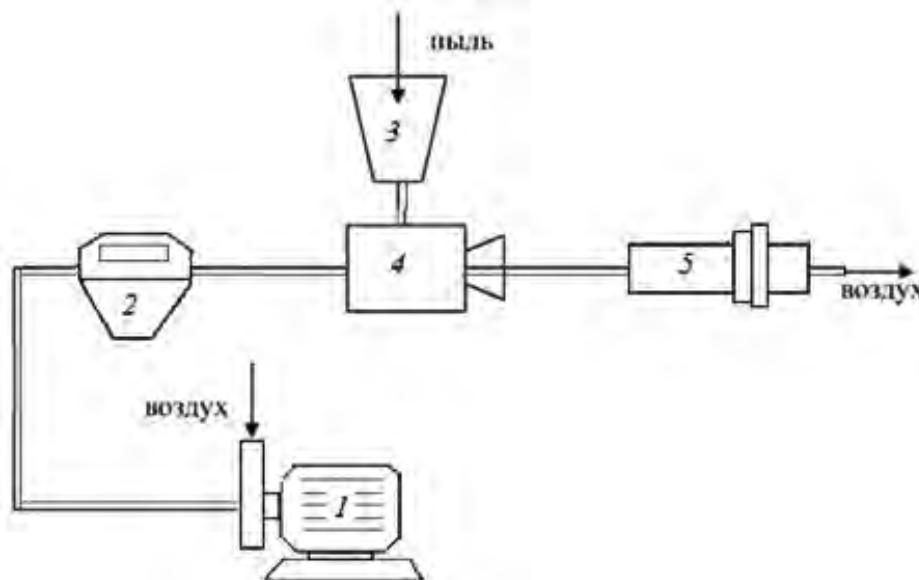


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда исследования текстильных материалов

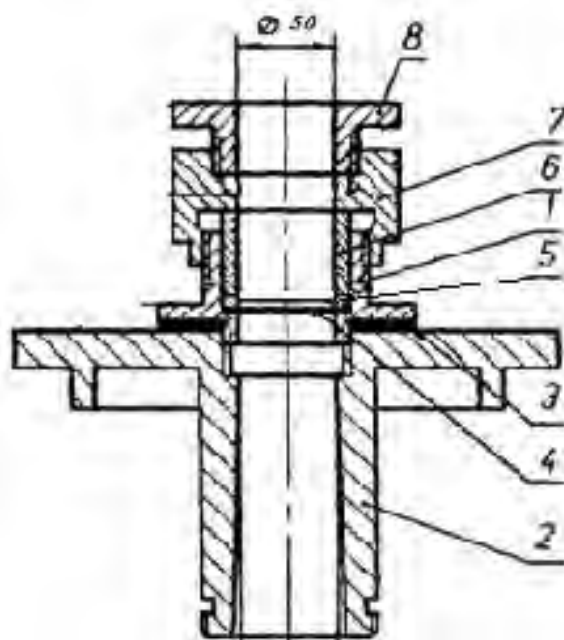


Рисунок 2 – Удерживающее приспособление в разрезе: 1, 2 – корпус; 3, 5 – прокладки; 4 – фильтр; 6 – втулка; 7 – гайка; 8 – винт

2, который использовался для замера расхода воздуха. Из пыленагнетателя 3 пыль попадала в эжектор 4, равномерно смешивалась с воздушным потоком и улавливалась фильтрующим материалом, расположенном в корпусе удерживающего приспособления 5.

Испытания разработанных образцов, характеризующих фильтрующие свойства материалов, проводили весовым методом при одинаковых метеорологических условиях с использованием удерживающего приспособления [7].

В ходе исследований проведен расчет следующих показателей [8].

Пылеемкость фильтра – масса пыли, уловленной фильтром и накопившейся в нем при достижении значения конечного аэродинамического сопротивления:

$$P_e = \frac{g_1 - (g_2 - g_4)}{g_1}, \quad (1)$$

где  $g_1$  – количество пыли, взятой для эксперимента, в г;  $g_2$  – количество пыли, оставшейся на испытуемом материале, в г;  $g_4$  – количество

пыли, прошедшее через материал, в г.

Пылепроницаемость – масса пыли, прошедшей через единицу площади образца за единицу время:

$$P_{пр} = \frac{g_1 - (g_3 - g_4)}{g_1}, \quad (2)$$

где  $g_3$  – количество пыли, оставшейся после эксперимента, в г.

Эффективность очистки, или коэффициент очистки пыли, равен отношению массы задержанных фильтром частиц к массе всех поступивших на фильтр частиц в %:

$$\eta = \frac{g_1 - g_3}{g_1} \cdot 100. \quad (3)$$

Относительная пылеемкость ( $P_o$ , %) показывает, сколько грамм пыли осело внутри фильтра от начальной массы подаваемой пыли

$$P_0 = \frac{g_5}{g_1} \cdot 100, \quad (4)$$

где  $g_5$  – количество пыли осевшей внутри фильтра,  $g$ .

Для испытаний использовали пыль мукомольных предприятий. Испытано по пять повторностей каждого варианта трикотажного материала.

**РЕЗУЛЬТАТЫ**  
 Проведены испытания разработанных фильтров на экспериментальном стенде и выполнен расчет их фильтрующих свойств. Сравни-

тельный анализ усредненных данных представлен на рисунках 3–6.

Из рисунка 3 видно, что наилучшим эффектом очистки (99 %) обладает образец № 8 независимо от способа его термообработки, он характеризуется наличием в структуре микрофиламентной нити. Также следует отметить, что для всех образцов тепловой способ обработки материала в среде СВЧ-волн позволяет повысить эффективность очистки.

Коэффициент пылеемкости показывает, что образцы № 3, № 6, № 8 имеют высокий коэффициент пылеемкости. При термообработке в

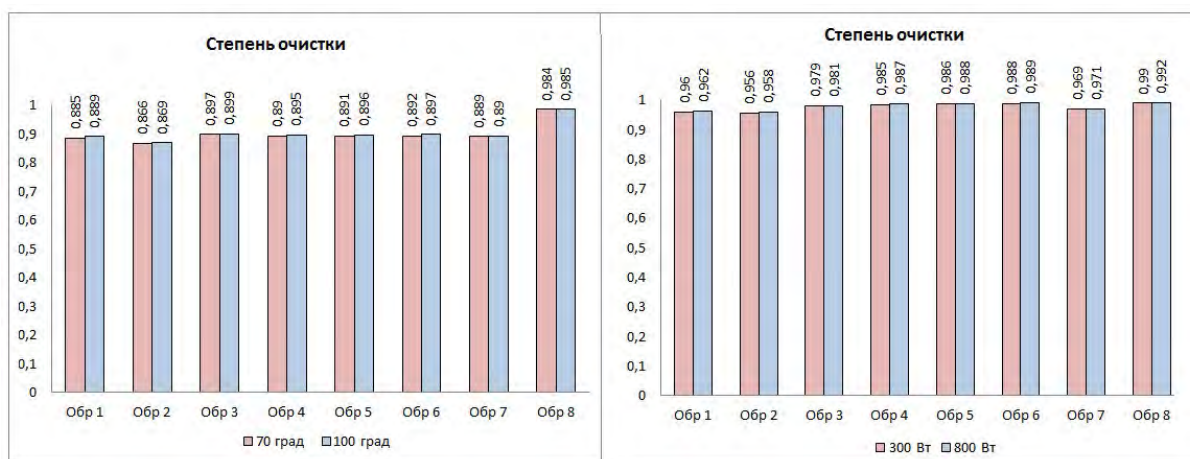


Рисунок 3 – Эффективность очистки трикотажного фильтровального материала

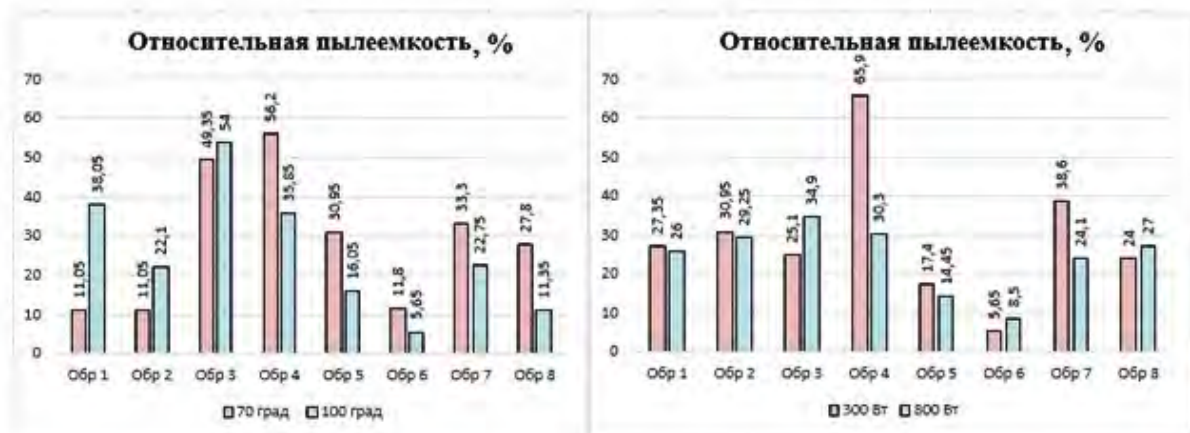


Рисунок 4 – Относительная пылеемкость трикотажного фильтровального материала

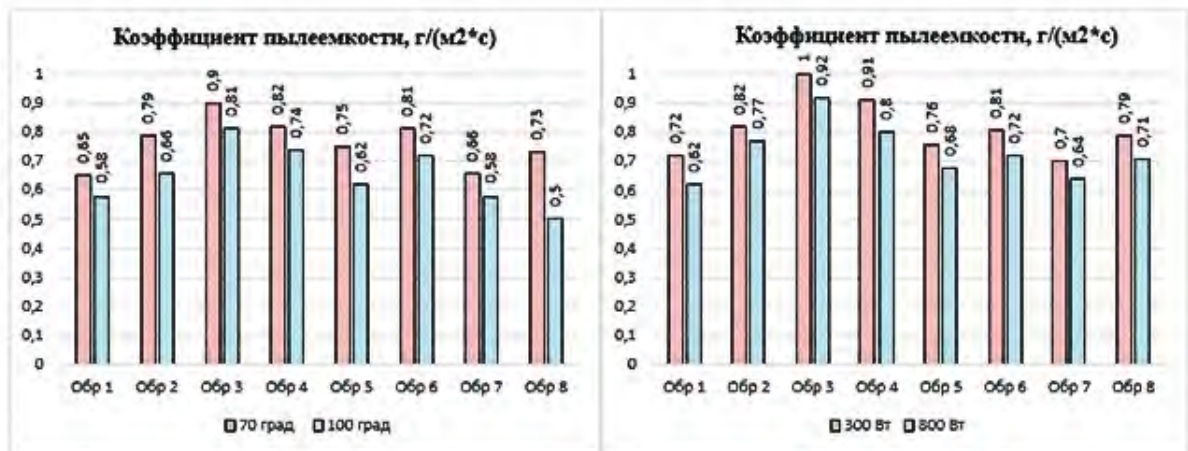


Рисунок 5 – Кoeffициент пылеемкости трикотажного фильтровального материала

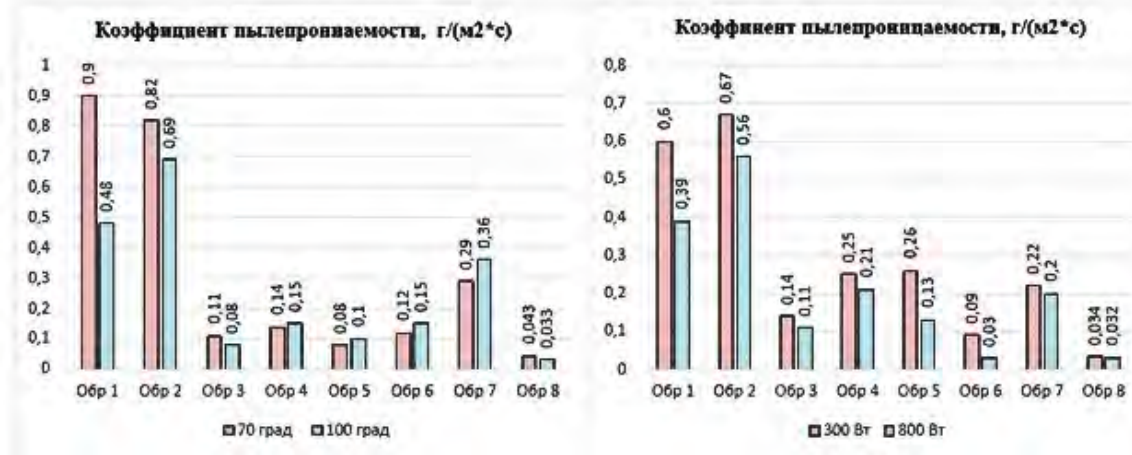


Рисунок 6 – Кoeffициент пылепроницаемости трикотажного фильтровального материала

среде горячей воды коэффициент варьирует от 0,5 до 0,9  $г/(м²·с)$ , в условиях электромагнитных волн сверхвысокой частоты – от 0,7 до 1  $г/(м²·с)$ . Хуже зарекомендовал себя образец № 7. Кoeffициент пылеемкости связан с пропускной способностью материала, оптимальным вариантом является образец с высокой пропускной способностью и пылеемкостью – образцы № 6 и № 8.

Кoeffициент пылепроницаемости показал, что наилучшими образцами являются образцы № 3 и № 6, так как их значения варьируются при усадке в среде горячей воды от 0,08 до 0,11. А при усадке в условиях электромагнитных волн

сверхвысокой частоты это образцы № 6 и № 8, так как их значения варьируются от 0,03 до 0,09 (при мощности 800 **Вт**).

В образце № 8 после нескольких циклов «запыление-регенерация» сопротивление полотна оставалось неизменным, в результате чего сечение пор практически не изменялось.

Термообработка в среде электромагнитных сверхвысокочастотных волн позволило сделать структуру полотна более плотной, каркасной за счет интенсивного прогрева материала по всей глубине. Образцы № 6 и № 8 проявили способность улавливать более мелкие частицы пыли, что подтверждается проведенными исследова-

ниями оценки размеров уловленных фильтрующим материалом частиц (рисунок 7). Уловлено до 80 % частиц размером не более 70 мкм, причем 1/2 часть из них составляют частицы размером до 30 мкм.

Для обеспечения пожаро-, взрывозащиты к фильтровальным материалам предъявляются требования антистатичности, добиться этого на опытных образцах полотен можно либо антистатической обработкой путем пропитки, либо введением в структуру трикотажа антистатической нити.

Таким образом, предпочтительным вариантом термообработки фильтровальных материалов с использованием высокоусадочной нити является среда электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона, однако явного преимущества в выборе мощности излучения нет, поэтому экономически целесообразнее рекомендовать 300 Вт. В качестве трикотажного переплетения целесообразно использовать комбинированные переплетения, сырьевой состав: грунт – комплексная высокоусадочная полиэфирная нить линейной плотности 16,8 текс,

в утке – текстурированная микрофиламентная пневмосоединенная полиэфирная нить линейной плотности 16,7 текс f288 или обычная ПЭ нить аналогичной линейной плотности с длиной нити в петле 2,8 мм. По совокупности проанализированных свойств, в проведенных исследованиях предпочтение следует отдать образцу № 8, обладающему высоким эффектом очистки, низким коэффициентом пылепроницаемости и высокой улавливающей способностью мелкодисперсных фракций. Анализ выбранной структуры трикотажных полотен целесообразно использовать в качестве рукавных всасывающих фильтров, устанавливаемых до вентиляторов.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования фильтрующих свойств разработанных трикотажных фильтровальных материалов установлена целесообразность применения функциональных высокоусадочных нитей в структуре полотен для создания плотной каркасной структуры материала. Для достижения необходимых показателей пылеемкости и пылепроницаемости рекомендуется применять комбинированные переплетения с использова-

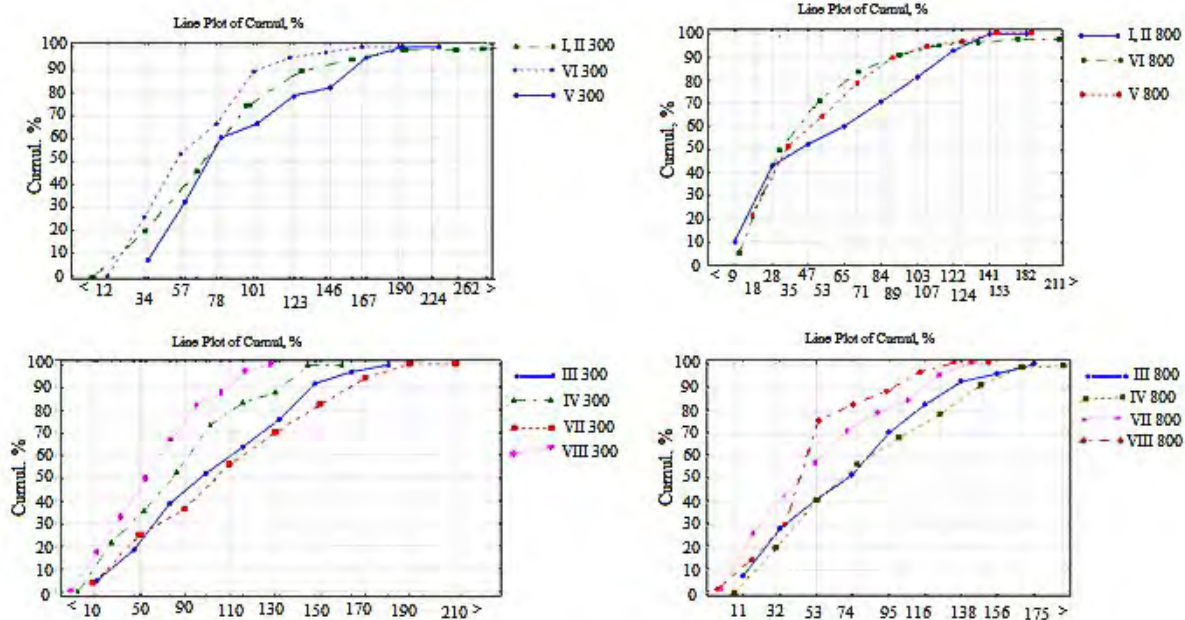


Рисунок 7 – Частотный анализ размера частиц на фильтрах после их термообработки в условиях электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона

нием в грунте комплексной высокоусадочной полиэфирной нити, в утке – текстурированной микрофиламентной пневмосоединенной полиэфирной нити или обычной ПЭ нити с длиной нити в петле 2,8 мм и проводить термообработку разработанных полотен в среде электромагнитных волн сверхвысокочастотного диапазона. Разработанные трикотажные структуры обладают необходимой способностью к регенерации, высокой степенью очистки и сроком службы, так как их можно изготавливать на трикотажном оборудовании безшовным способом.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кольцов, В. Б. (2018), *Очистные сооружения*. Ч. 1, Москва, 277 с.
2. Пирумов, А. И. (1981), *Обеспыливание воздуха*, Москва, 296 с.
3. Анализ использования текстильных фильтров, применяемых при очистке воздуха от пыли (2014), *Транспортный бизнес в России*, № 4, режим доступа: [https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ispolzovaniya-tekstilnyh-filtrov-primenyaemyh-pri-ochistke\\_ozduha-ot-pyli](https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ispolzovaniya-tekstilnyh-filtrov-primenyaemyh-pri-ochistke_ozduha-ot-pyli), дата доступа: 04.09.2020.
4. Скобова, Н. В. Сосновская, А. И. (2019), Исследование одноцикловых неразрывных характеристик комбинированной высокоусадочной нити, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (36), 2019, С. 111–116.
5. Скобова, Н. В., Кукушкин, М. Л., Сосновская, А. И. (2019), Исследование свойств трикотажных полотен после термообработки, *Материалы Международной научно-технической конференции «Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности»*, Витебск, 2019, С. 84–86.
6. Сосновская, А. И., Скобова, Н. В. (2020), Иссле-

#### REFERENCES

1. Koltsov, V. B. (2018), *Ochistnye sooruzhenija* [Treatment facilities ], V. 1, Moscow, 277 p.
2. Pirumov, A. I. (1981), *Obespylivanie vozduha* [Air dedusting], Moscow, 296 p.
3. Analysis of the use of textile filters used to clean the air from dust (2014) [Analiz ispol'zovaniya tekstil'nyh fil'trov, primenjaemyh pri ochistke vozduha ot pyli], *Transport business in Russia*, No. 4, 2014, available at: [https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ispolzovaniya-tekstilnyh-filtrov-primenyaemyh-pri-ochistke\\_ozduha-ot-pyli](https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-ispolzovaniya-tekstilnyh-filtrov-primenyaemyh-pri-ochistke_ozduha-ot-pyli) (accessed 04.09.2020).
4. Skobova, N. V., Sosnovskaya, A. I. (2019), Investigation of single-cycle continuous characteristics of a combined high-shrinkage yarn [Issledovanie odnocyklovyh nerazryvnyh harakteristik kombinirovannoj vysokousadochnoj niti], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, № 1 (36), 2019, pp. 111–116.
5. Skobova, N. V., Kukushkin, M. L., Sosnovskaya, A. I. (2019), Study of the properties of knitted fabrics after heat treatment [Issledovanie svojstv trikotazhnyh poloten posle termoobrabotki], *Materials of the International Scientific and Technical Conference "Innovative Technologies*



- дование структуры трикотажных фильтрационных материалов после термообработки, *Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А. Г. Севостьянова*, Москва, 2020, Ч. 2, С. 55–59.
7. ГОСТ 30201-94. *Материалы текстильные для фильтрации промышленных аэрозолей. Метод определения массовой концентрации пыли за фильтром*. Введен 01.01.96, Минск, Издательство стандартов, 1996, 12 с.
8. Черногузова, И. Г. (2005), Трикотажные фильтрующие перегородки основовязаного способа производства, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2005, С. 77–79.
6. Sosnovskaya, A. I., Skobova, N. V. (2020), Research of the structure of knitted filtering materials after heat treatment [Issledovanie struktury trikotazhnyh fil'tracionnyh materialov posle termoobrabotki], *Collection of scientific papers of the International scientific conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Professor A. G. Sevostyanov*, Moscow, 2020, Part 2, pp. 55–59.
7. GOST 30201-94. *Textile materials for filtration of industrial aerosols. Method for determining the mass concentration of dust behind the filter*, Vved. 01.01.96, Minsk, Publishing house of standards, 1996, 12 p.
8. Chernoguzova, I. G. (2005), Knitted filter partitions for the warp-knitted production method [Trikotazhnye fil'trujushhie peregorodki osnovovjazanogo sposoba proizvodstva], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2005, P. 77–79.

Статья поступила в редакцию 09. 10. 2020 г.