Оригинальная статья / Original article

УДК 66.067.1

DOI: <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-2-325-331>

Исследование фильтрующих свойств тканей из хлопковых и синтетических волокон

© В.И. Саламатов

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация

Резюме: Для обезвоживания разнообразных по составу растворов и суспензий в химической промышленности применяются фильтры разного типа: дисковые, патронные, мешочные, фильтр-пресс и другие, основным элементом которых является фильтрующая перегородка. В качестве перегородки используются фильтровальные ткани из хлопковых и синтетических волокон. Основным требованием, предъявляемым к перегородке, является их высокая задерживающая способность по отношению к дисперсной фазе растворов и суспензий. В качестве перегородки целесообразно использовать фильтроткани, характеризующиеся низкой засоряемостью. В настоящей работе дана оценка фильтрующих свойств тканей из синтетических и хлопковых волокон на основе экспериментальных данных. Определены значения коэффициентов производительности, замутненности, засоряемости, срока службы фильтротканей. Исследована кинетика процесса обезвоживания суспензий в широком диапазоне концентраций дисперсной фазы (3–500 г/дм³). Результаты исследований позволили установить, что все испытанные образцы синтетических тканей имеют меньшую засоряемость, чем широко применяемые хлопковые (фильтродиагональ и бязь). Установлена величина силы адгезии дисперсных частиц к волокнам перегородки, что позволяет сделать выбор определенного вида фильтроткани для конкретного типа фильтра, то есть учесть направления действия движущей силы процесса фильтрации и силы тяжести. Выявлены основные периоды формирования осадка на поверхности перегородки. Показано, что начальный фильтрующий слой формируется за первый период. Структура этого слоя определяется плотностью суспензии. Исследованы режимы фильтрации и установлено, что переход от режима шламовой фильтрации к режиму с закупоркой пор наблюдается в интервале 50–100 г/дм³, что отвечает переходному режиму.

Ключевые слова: обезвоживание суспензии, фильтроткани из синтетических и хлопковых волокон, степень засоряемости, режимы фильтрации

Информация о статье: Дата поступления 20 декабря 2019 г.; дата принятия к печати 29 мая 2020 г.; дата онлайн-размещения 30 июня 2020 г.

Для цитирования: Саламатов В.И. Исследование фильтрующих свойств тканей из хлопковых и синтетических волокон. Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. N 2. С. 325–331. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-2-325-331>

Study of the filtering properties of fabrics derived from cotton and synthetic fibres

Victor I. Salamatov

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russian Federation

Abstract: For the dehydration of various solutions and suspensions in the chemical industry, different types of filters are applied, including disk, cartridge, bag, press filters and others, with the main element consisting of a filtering membrane made of cotton or synthetic fibres. In this case, the main requirement for the membrane involves high retention ability with respect to the dispersed phase of solutions and suspensions. For application in forming a membrane, filter fabrics characterised by low clogging are advisable. In the present paper, the filtering properties of fabrics made of synthetic and cotton fibres are evaluated on the basis of experimental data along with a determination of indices of efficiency, turbidity, clogging and service life. The kinetics of the suspension dehydration was studied in a wide range of dispersed phase concentrations (3–500 g/dm³). The results of the studies revealed all tested samples of synthetic fabrics to exhibit less clogging than the wide-

ly-used cotton ones (filter-diagonal and calico). The adhesion value of dispersed particles to the fibres of the membrane is established to allow the selection of appropriate fabrics for a particular filter type taking the acting direction of the driving force and gravity during the filtration process into account. The main phases of sediment formation on the membrane surface were established. The initial filter layer is shown to form during the first period, with the structure of this layer being determined by the density of the suspension. Filtration modes were investigated with the transition from sludge filtration to clogging observed in the range of 50–100 g/dm³, which corresponds to the transition mode.

Keywords: suspension dehydration, filter fabrics from synthetic and cotton fibres, clogging index, filtration modes

Information about the article: Received December 20, 2019; accepted for publication May 29, 2020; available online June 30, 2020.

For citation: Salamatov V.I. Study of the filtering properties of fabrics derived from cotton and synthetic fibres. *Izvestiya Vuzov. Prikladnaya Khimiya i Biotekhnologiya* = Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2020;10(2):325–331. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-2-325-331>

ВВЕДЕНИЕ

Процессы обезвоживания и промывки на фильтрах широко распространены в химической промышленности при производстве органических (полиэтилена, полистирола, ацетилцеллюлозы) и неорганических (фосфорной кислоты, сульфида натрия, сульфата меди, карбоната никеля) соединений, полимерных и синтетических материалов, а также минеральных удобрений, соды и «белой сажи». Обезвоживание и промывка разнообразных по составу суспензий в химическом производстве характеризуется, как правило, более сложным характером, что связано со спецификой производства [1–4].

Важным элементом фильтра является фильтрующая перегородка, служащая его пористой основой. Успех фильтрования определяется прежде всего правильным выбором фильтрующего материала. Последний должен удовлетворять двум основным требованиям: быть химически инертным по отношению к компонентам суспензии и обеспечивать полное и быстрое отделение твердых частиц от жидкой фазы. Среди используемых фильтрующих материалов широкое применение находят фильтроткани из хлопковых и синтетических волокон [5], имеющие достаточную задерживающую способность по отношению к дисперсной фазе, небольшое гидравлическое сопротивление и низкую засоряемость, что обеспечивает их длительный срок службы [6–9].

Также в производство вовлекаются новые типы фильтротканей [10–12], основу которых составляют волокна с новыми физико-химическими свойствами [13–17], что позволяет снизить засоряемость перегородки за счет уменьшения сил адгезии осадка к ее поверхности, проводить регенерацию проницаемости. Совершенствование технологии производства позволяет получать фильтрующие перегородки, свойства которых обеспечивают более длительный период их эксплуатации [18–20].

В связи с важностью решения задач в об-

ласти теории и практики использования фильтротканей в качестве перегородок на фильтрах была изучена кинетика процесса обезвоживания полидисперсных суспензий разной плотности через фильтроткани их хлопковых и синтетических волокон.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Фильтрацию суспензий проводили на лабораторной фильтровальной установке, состоящей из нескольких узлов: узла, обеспечивающего создание и регулировку вакуума; узла, включающего систему мерных бюреток и емкостей для сбора фильтрата, и узла термостатирования (рис. 1). В качестве фильтрующего элемента применяли фильтровальную рамку, обшитую фильтротканью. В процессе фильтрации отбирались пробы фильтрата для контроля над содержанием в нем твердой взвеси и измерялся объем фильтрата за определенные промежутки времени.

Мутность фильтрата определяли с помощью электрофотокolorиметра путем сравнения оптической плотности раствора ализарин-рота с замутненным фильтратом и находили по градуировочному графику. Данные, полученные с помощью электрофотокolorиметра, проверялись весовым методом.

В эксперименте использовали суспензии следующего состава (содержание основных веществ):

– суспензия 1: сульфиды (80 %), карбонаты (3,5 %), кварц (8,9 %);

– суспензия 2: алюмосиликаты (45 %), железистые минералы (30 %), мусковит и полевошпат (13,5 %);

– суспензия 3: кварц (27 %), темноцветные (56 %) и глинисто-слюдистые минералы (19 %).

Для определения силы прилипания осадка к поверхности перегородок использовали адгезиометр, который подсоединяли к вакуумной магистрали (см. рис. 1).

Проведены исследования кинетики процесса фильтрации суспензий с различным со-

держанием твердого – от 3 до 500 г/дм³, через перегородки, составленные из хлопковых (фильтродиагональ арт. 2074) и синтетических (капроновые, арт.: 56159, 56027, 56007, 56020,

23254; лавсановые, арт.: 56271, 56208, 56278; полипропиленовая (нетканое полотно) арт. 931509) волокон.

Рис. 1. Схема установки для определения адгезии кека с тканью:

1, 3 – винтовые зажимы; 2, 4, 5, 10 – двухходовые краны; 6 – патрон для отрыва кека; 7 – слой кека; 8 – водяной манометр; 9 – буферный сосуд для сброса воздуха из патрона в момент продавливания кека; 11 – капилляр; 12 – расходная диафрагма; 13 – фильтроткань; 14 – подложка; 15 – дренажная основа; 16 – полость рамки

Fig. 1. Installation diagram for determining cake adhesion with tissue:

1, 3 – screw clamps; 2, 4, 5, 10 – two-way cranes; 6 – cartridge for cake tearing off; 7 – layer of cake; 8 – water manometer; 9 – buffer vessel for venting from the cartridge at the time of pressing the cake; 11 – capillary; 12 – flow diaphragm; 13 – filter cloth; 14 – substrate; 15 – drainage base; 16 – frame cavity

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В табл. 1 представлены результаты исследования фильтрующих свойств тканей из синтетических и хлопковых волокон для представленных суспензий – коэффициенты производительности и замутненности. Значение ко-

эффициентов определяется при сравнении скорости фильтрации, содержания дисперсных частиц в фильтрате.

В табл. 2 приведены значения силы прилипания осадка к волокнам ткани (адгезия) и коэффициента срока службы ткани.

Таблица 1

Фильтрующие свойства тканей

Table 1

Filtering properties of fabrics

Фильтроткань	Коэффициент производительности, Kw			Коэффициент замутненности, Kq		
	Суспензия			Суспензия		
	1	2	3	1	2	3
Капроновые, арт.: 56027 56007 56020 23254	0,509 0,987 0,967 1,02	1,07 0,999 0,93 0,93	0,952 0,914 0,966 1,07	1,136 1,42 1,09 3,72	0,780 0,984 0,716 1,266	0,376 0,623 0,665 1,95
Лавсановые, арт.: 56271 56208 56278	1,11 1,12 1,14	1,13 – 1,33	0,986 0,988 0,955	2,65 220,2 2,34	1,064 – 0,67	3,88 48,74 2,12
Полипропиленовая арт. 931509	1,03	1,266	1,05	6,42	0,664	8,82
Фильтродиагональ арт. 2074	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица 2

Адгезия и коэффициент срока службы фильтротканей

Table 2

Adhesion and filter life coefficient

Фильтроткань	Адгезия, кг/см ² / Коэффициент срока службы, Ксл		
	Суспензия 1	Суспензия 2	Суспензия 3
Капроновые, арт.:			
56027	3,46 / 2,17	2,74 / 2,35	1,45 / 7,46
56007	1,609 / 4,66	2,66 / 2,42	3,93 / 2,75
56020	3,94 / 1,90	2,02 / 3,18	1,37 / 7,89
23254	1,067 / 7,02	1,11 / 5,79	1,83 / 5,91
Лавсановые, арт.:			
56271	0,585 / 12,82	1,06 / 5,45	1,83 / 5,91
56208	1,52 / 4,93	0,91 / 7,06	—
56278	2,08 / 3,60	0,925 / 6,95	1,38 / 7,84
Полипропиленовая арт. 931509	3,48 / 2,15	1,18 / 5,45	3,79 / 2,85
Фильтродиагональ арт. 2074	7,50	6,43	10,82

Исследования показали, что все испытанные синтетические ткани имеют близкую проницаемость как по отношению друг к другу, так и по отношению к фильтродиагонали.

Значительный разброс по содержанию дисперсных частиц в фильтрате, полученном в процессе набора осадка на фильтре, наблюдается для тканей из синтетических волокон. Наиболее мутные фильтраты получены для лавсановой ткани арт. 56208, лучшее качество фильтратов обеспечивают капроновые ткани (кроме ткани арт. 23254).

Замеры силы прилипания дисперсных частиц к волокнам синтетических тканей позволили установить, что засоряемость всей группы

тканей значительно ниже, чем хлопковой ткани арт. 2074. Значение коэффициента засоряемости довольно точно отражает срок эксплуатации фильтрующей перегородки в промышленных условиях.

Процесс обезвреживания характеризуется двумя периодами. В течение первого происходит образование начального фильтрующего слоя, формирующегося за счет отложений дисперсных частиц в порах фильтрующей перегородки. На рис. 2 представлены графики зависимости содержания твердых частиц в фильтрате от продолжительности фильтрации при разных начальных значениях концентрации дисперсной фазы суспензии 1.

Рис. 2. Зависимость содержания твердого в фильтрате q и объема фильтрата V от продолжительности фильтрации суспензии 1, g/dm^3 :
1, 2 – 200; 3, 4 – 400; 5, 6 – 500

Fig. 2. Relationship between the solids content in the filtrate (g), the filtrate volume (V) and the duration of the filtration of suspension 1, g/dm^3 :
1, 2 – 200; 3, 4 – 400; 5, 6 – 500

Максимальное содержание дисперсных частиц отвечает критическому значению R , равному соотношению Ж:Т (50–100 г/дм³), что соответствует началу образования сводиков частиц над порами перегородки и появлению осадка на ее поверхности (рис. 3).

С увеличением отношения Ж:Т в суспензии режим фильтрации с образованием осадка изменяется, и в зависимости от соотношения размеров частиц пульпы и открытых пор ткани устанавливается либо режим фильтрации с

закупоркой (глубинная фильтрация), либо происходит процеживание пульпы через фильтроткань (рис. 4). В связи с этим кривые, описывающие изменения содержания дисперсных частиц в фильтрате от разбавления пульпы, проходят через максимум, что указывает на изменение режима фильтрации. Восходящие ветви графиков соответствуют режиму фильтрации с закупоркой пор перегородки, а нисходящие – режиму фильтрации с образованием осадка.

Рис. 3. Влияние разбавления суспензии на формирование фильтрующего слоя (капроновые ткани арт. 56027, 56159)

Fig. 3. Effect of suspension dilution on the formation of a filter layer (nylon fabrics art. 56027, 56159)

Рис. 4. Влияние разбавления суспензии на задерживающую способность ткани арт. 56050: 1 – один слой; 2 – два слоя; 3 – три слоя

Fig. 4. Effect of suspension dilution on tissue retention of fabric art. 56050: 1 – one layer; 2 – two layers; 3 – three layers

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследована кинетика процесса фильтрации суспензий с различным содержанием твердой фазы через фильтроткани из синтетических и хлопковых волокон.

Изучены фильтрующие свойства ряда синтетических и хлопковых тканей, дана оценка их засоряемости. Установлено, что по этому показателю ткани из синтетических волокон

значительно превосходят хлопковые.

С ростом концентрации дисперсной фазы в суспензии установлен несколько режимов фильтрации: в области 50–100 г/дм³ наблюдается переходный режим, при меньшем содержании дисперсных частиц отмечается преимущественно режим глубинной фильтрации, при больших значениях $R = \text{Ж:Т}$ процесс проходит в режиме шламовой фильтрации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Малиновская Т.А. Разделение суспензий в промышленности органического синтеза. М.: Химия, 1971. 236 с.
2. Леонтьева А.Н., Орехов В.С., Брянкин К.В., Анкудимов И.А., Абакумова Н.А. Формирование структуры осадков пигментов, полученных на фильтровальной перегородке // Химическая промышленность сегодня. 2015. N 6. С. 3–7.
3. Васильев А.В., Шакир И.В., Гусева Т.В., Панфилов В.Н. Исследование процесса фильтрации ферментационных суспензий на основе кислотных гидрозисатов пивной дробины // Химическая промышленность сегодня. 2015. N 1. С. 45–52.
4. Andersons J., Sparning E., Joffe R., Wallstom L. Strength distribution of tlementay flax dibres // Composites Science and Technology. 2005. Vol. 65. Issue 3-4. P. 693–702. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2004.10.001>
5. Белоглазов И.Н., Голубев В.О., Тихонов О.Н., Куукка Ю., Ясколяйнен Эд. Фильтрация технологических пульп. М.: ИД «Руда и металлы». 2003. 320 с.
6. Саламатов В.И. Обезвоживание и промывка осадков шламистых пульп на фильтрах: монография. Иркутск: ИрГТУ. 2007. 131 с.
7. Скобеев Н.К. Фильтрующие материалы. М.: Недра, 1978. 200 с.
8. Жужиков В.А. Фильтрация. Теория и практика разделения суспензий. М.: Химия, 1971. 440 с.
9. Семина З.Ф., Кузнецов С.Н. О зарастании фильтровальных тканей // Известия вузов. Цветная металлургия. 1984. N 2. С. 22–23.
10. Айзенштейн Э.М. Отходы бутылок – в текстильные нити // Химические волокна. 2015. N 5. С. 3–7.
11. Machalaba N.N., Rodionov I.I. Development issues of the Russian chemical-fiber industry // Fibre Chemistry. 2015. Vol. 47. Issue 4. P. 227–235. <https://doi.org/10.1007/s10692-016-9670-0>
12. Саламатов В.И., Головачёв С.Н., Горнов Ю.Н. Жизненный цикл фильтрующих перегородок // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле РАЕН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. N 2 (55). С. 88–95. <https://doi.org/10.21285/0301-108X-2016-55-2-88-95>
13. Dedov A.V., Nazarov V.G. Processed nonwoven needlepunched materials with increased strength // Fibre Chemistry. 2015. Vol. 47. Issue 2. P. 121–125. <https://doi.org/10.1007/s10692-015-9649-2>
14. Dedov A.V., Bokova E.S., Ryzhkin V.A. Production of nonwoven needlepunched material with increased stretch resistance // Fibre Chemistry. 2013. Vol. 45. Issue 4. P. 221–223. <https://doi.org/10.1007/s10692-013-9516-y>
15. Goloveshkina O.V., Shipovskii I.Y., Bondarenko S.N., Keibal N.A., Kablov V.F. Development of low-shrinkage polyethylene fibers // Fibre Chemistry. 2014. Vol. 46. Issue 4. P. 254–456. <https://doi.org/10.1007/s10692-014-9600-y>
16. Singha K. A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications // American Journal of Polymer Science. 2012. Vol. 2. Issue 3. P. 39–49. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20120203.04>
17. Erofeev O.O., Voloshchik T.E., Naganovskii Y.K., Kozinda Z.Y. Influence of operational factors on properties of heat-resistant nonwoven filter materials // Fibre Chemistry. 2013. Vol. 45. Issue 2. P. 94–97. <https://doi.org/10.1007/s10692-013-9487-z>
18. Айзенштейн Э.М. Отечественная промышленность химических волокон в 2017 г. // Композитный мир. 2018. N 3 (78). С. 26–31.
19. Wrobel A.M., Kryszewski M., Rakowski W., Okoniewski M., Kubacki Z. Effect of plasma treatment on surface structure and properties of polyester fabrics // Polymer. 1978. Vol. 19. Issue 8. P. 908–912. [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(78\)90197-0](https://doi.org/10.1016/0032-3861(78)90197-0)
20. Murthy S.N. Fibrillar Structure and Its Relevance to diffusion, shrinkage, and Relaxation Processes in Nylon fibers1 // Textile Research Journal. 1997. Vol. 67. Issue 7. P. 511–520. <https://doi.org/10.1177/004051759706700706>

REFERENCES

1. Malinovskaya TA. *Suspension Separation in the Organic Synthesis Industry*. Moscow: Khimiya; 1971. 236 p. (In Russian)
2. Leont'eva AN, Orekhov VS, Bryankin KV, Ankudimova I.A., Abakumova NA. Formation of the structure of pigment precipitate obtained on the filter septum. *Kimicheskaya promyshlennost' segodnya*. 2015;6:3–7. (In Russian)
3. Vasil'ev AV, Shakir IV, Guseva TV, Panfilov VN. Investigation of the filtration process of fermentation suspensions based on acidic hydrosiza-
- tes of beer grains. *Kimicheskaya promyshlennost' segodnya*. 2015;16:45–52. (In Russian)
4. Andersons J, Sparning E, Joffe R, Wallstom L. Strength distribution of tlementay flax dibres. *Composites Science and Technology*. 2005;65(3-4):693–702. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2004.10.001>
5. Beloglazov IN, Golubev VO, Tikhonov ON, Kuukka Yu., Yaskolyainen E. *Filtration of technological pulps*. Moscow: Ruda i metally; 2003. 320 p. (In Russian)

6. Salamatov VI. *Sludge filters slurry dewatering and flushing*. Irkutsk. Irkutsk State Technical University; 2007. 131 p. (In Russian)

7. Skobeev NK. *Filtering materials*. Moscow: Nedra; 1978. 200 p. (In Russian)

8. Zhuzhikov VA. *Filtration. Theory and practice of separation of suspensions*. Moscow: Khimiya; 1971. 440 p. (In Russian)

9. Semina ZF, Kuznetsov SN. On the overgrowth of filter tissues. *Izvestiya Vuzov. Tsvetnaya Metallurgiya* = Universities Proceedings. Nonferrous Metallurgy. 1984;2:22–23. (In Russian)

10. Aizenshtein EM. Bottle waste into textile threads. *Khimicheskie volokna*. 2015;5:3–7. (In Russian)

11. Machalaba NN, Rodionov II. Development issues of the Russian chemical-fiber industry. *Fibre Chemistry*. 2015;47(4):227–235. <https://doi.org/10.1007/s10692-016-9670-0>

12. Salamatov VI, Golovachev SN, Gornov YuN. Life cycle of filter membranes. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seketsii nauk o Zemle RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii* = Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits. 2016;2:88–95. (In Russian) <https://doi.org/10.21285/0301-108X-2016-55-2-88-95>

13. Dedov AV, Nazarov VG. Processed nonwoven needlepunched materials with increased strength. *Fibre Chemistry*. 2015;47(2):121–125. <https://doi.org/10.1007/s10692-015-9649-2>

14. Dedov AV, Bokova ES, Ryzhkin VA. Production of nonwoven needlepunched material with increased stretch resistance. *Fibre Chemistry*. 2013;45(4):221–223. <https://doi.org/10.1007/s10692-013-9516-y>

15. Goloveshkina OV, Shipovskii IY, Bondarenko SN, Keibal NA, Kablov VF. Development of low-shrinkage polyethylene fibers. *Fibre Chemistry*. 2014;46(4):254–456. <https://doi.org/10.1007/s10692-014-9600-y>

16. Singha K. A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications. *American Journal of Polymer Science*. 2012;2(3):39–49. <https://doi.org/10.5923/j.ajps.20120203.04>

17. Erofeev OO, Voloshchik TE, Naganovskii YK, Kozinda ZY. Influence of operational factors on properties of heat-resistant nonwoven filter materials. *Fibre Chemistry*. 2013;45(2):94–97. <https://doi.org/10.1007/s10692-013-9487-z>

18. Aizenshtein EM. Domestic chemical fiber industry in 2017. *Kompozitnyi mir* = Composite World Magazine. 2018;3:26–31. (In Russian)

19. Wrobel AM, Kryszewski M, Rakowski W, Okoniewski M, Kubacki Z. Effect of plasma treatment on surface structure and properties of polyester fabrics. *Polymer*. 1978;19(8):908–912. [https://doi.org/10.1016/0032-3861\(78\)90197-0](https://doi.org/10.1016/0032-3861(78)90197-0)

20. Murthy SN. Fibrillar Structure and Its Relevance to diffusion, shrinkage, and Relaxation Processes in Nylon fibers1. *Textile Research Journal*. 1997;67(7):511–520. <https://doi.org/10.1177/004051759706700706>

Критерии авторства

Саламатов В.И. выполнил экспериментальную работу, на основании полученных результатов провел обобщение и написал рукопись. Автор несет полную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочел и одобрил окончательный вариант рукописи.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Саламатов Виктор Иванович,
к.т.н., доцент кафедры машиностроительных технологий и материалов,
Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83,
Российская Федерация,
e-mail: salamatov_52@mail.ru

Contribution

Victor I. Salamatov carried out the experimental work, analyzed the experimental results and prepared the text of the manuscript. Victor I. Salamatov has exclusive author's rights and bear responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declares no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Victor I. Salamatov,
Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor,
Department of Engineering
technologies and materials,
Irkutsk National Research Technical University,
83, Lermontov St., Irkutsk, 664074,
Russian Federation,
e-mail: salamatov_52@mail.ru