

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОГНЕЗАЩИТНОЙ КОМПОЗИЦИИ В СОСТАВЕ ЗАМАСЛИВАТЕЛЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОГНЕСТОЙКИХ НИТЕЙ

## INVESTIGATION OF APPLYING A FIREPROOFING COMPOSITION AS PART OF AN OILING AGENT IN THE PRODUCTION OF FIRE-RESISTANT THREADS

УДК 677.042.23

**Т.В. Бувевич<sup>1</sup>, Е.С. Максимович<sup>2</sup>, В.Н. Сакевич<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Витебский государственный технологический университет

<sup>2</sup> Отделение по сбыту электрической энергии Минского района филиала «Энергосбыт» РУП «Минскэнерго»

<https://doi.org/10.24412/2079-7958-2021-1-107-114>

**T. Buevich<sup>1</sup>, E. Maksimovich<sup>2</sup>, V. Sakevich<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup> Vitebsk State Technological University

<sup>2</sup> Minsk District Electricity Sales Office of Energosbyt Branch of RUE "Minskenergo"

### РЕФЕРАТ

**ЗАМАСЛИВАТЕЛЬ, ОГНЕЗАЩИТНАЯ КОМПОЗИЦИЯ, ТКАНЬ ИЗ ВОЛОКНА АРСЕЛОН, КИСЛОРОДНЫЙ ИНДЕКС**

*Работа посвящена определению возможности применения огнезащитной композиции в составе замасливателя при производстве огнестойких нитей. Цель достигается путем совмещения операций замасливания и придания огнезащитных свойств нитям при температурах не ниже +5 °С.*

*В результате проведенных исследований установлено:*

*– при добавлении огне-биозащитного состава «Фукам» к замасливателю IS-2 в объемах, рекомендованных разработчиком, выявлена высокая стабильность композиции после испытания её согласно ГОСТ 29188.3 по отсутствию расслоения после 5 минут центрифугирования при частоте вращения 100 с<sup>-1</sup>;*

*– экспериментально подтверждена возможность повышения огнезащитных свойств нитей при обработке их замасливателем IS-2 с огнезащитной композицией «Фукам» в составе;*

*– доказано, что для повышения огнестойкости нитей особое внимание следует обращать на удаление сопутствующих и вспомогательных*

### ABSTRACT

**OILING AGENT, FIREPROOFING COMPOSITION, FABRIC ARCELON, OXYGEN INDEX**

*Work is devoted to the study of the stability of the oiling agent in the form of a composition of emulsol IS-2 with the addition of a fire-bio-proofing composition "Fukam" and its resistance to delamination as well as the possibility of using such a composition in the production of Arselon fiber both to reduce the coefficient of friction, eliminate electrification, and to obtain the fireproofing properties of threads and fabrics produced from them.*

*As a result of the research, it was established:*

*– When the fire-bio-proofing composition "Fukam" was added to the IS-2 lubricant in the volumes recommended by the developer, a high stability of the composition was revealed after testing it in accordance with GOST 29188.3;*

*– The effectiveness of the resulting composition for reducing the coefficient of friction, eliminating electrization when obtaining a complex yarn from the fiber "Arselon";*

*– The possibility of increasing the fireproofing properties of threads and fabrics produced from them has been experimentally confirmed when they are treated with IS-2 lubricant with a fireproofing com-*

\* E-mail: [igsakevich@yandex.ru](mailto:igsakevich@yandex.ru) (V. Sakevich)

веществ, наносимых на волокно при ее производстве. Наличие замасливателя без огнестойкой композиции в составе понижает значение кислородного индекса, то есть способствует горению из-за остатков его компонентов на нити.

Предложенный способ применения огнезащитной композиции в составе замасливателя при производстве огнестойких нитей позволит снизить трудоемкость и энергоемкость процесса придания огнестойких свойств текстильным материалам за счет сокращения количества операций и существенного снижения температуры их проведения.

Предлагаемый подход не рекомендуется к применению при производстве тканей под крашение, так как наносимый препарат будет удален на стадии подготовки материала.

position "Fukam" in the composition;

– It has been proven that in order to increase the fire resistance of fabrics, special attention should be paid to the removal of accompanying and auxiliary substances applied to the fiber during its production. The presence of a lubricant without a fireproofing composition in the recipe can reduce the oxygen index value, that is, contribute to combustion due to the residues of its components in the finished fabric.

## ВВЕДЕНИЕ

В мировом производстве отмечается рост емкости рынка огнестойких текстильных материалов как для изделий бытового, так и технического и специального назначения. Огнезащитные свойства тканей обеспечиваются нанесением на ткань веществ, которые при температуре горения разлагаются с выделением негорючих газов либо образованием на ткани негорючей плёнки, защищающей волокно при горении от контакта с воздухом, либо химическим преобразованием функциональных групп волокна для повышения устойчивости макромолекулярных цепей к термическому расщеплению [1].

Пропитка текстильных материалов заключается в нанесении на текстильный материал состава кистью, валиком, погружением, опрыскиванием. Температура пропиточного состава не должна превышать 60 °С. После пропитки способом погружения текстильный материал отжимается на 85–90 % на плюсовке и подсушивается на сушильных барабанах при температуре 100–150 °С [2].

Пропитка по плюсовочно-термофиксационному методу может использоваться для текстильных материалов, подвергающихся впоследствии стирке. По этому методу температура пропиточного состава должна быть 60–70 °С. После пропитки, отжима и сушки текстильный матери-

ал подвергается обработке в термокамере при температуре 170 °С. Затем он проходит стадию промывки в холодной и теплой (30–40 °С) воде и выдерживается при температуре 100–120 °С в подсушивающей камере и на сушильно-ширильной машине [2].

Технология и способы пропитки различными огнезащитными составами, как правило, аналогичны. Отличаться могут расходные нормы для обеспечения заданной огнезащиты, кратность огнезащитной обработки, время и температура сушки, периодичность возобновления огнезащитной обработки.

Отметим, что способы пропитки огнезащитными составами текстильных материалов трудоемки и энергоемки по причине проведения последовательной многооперационной их обработки при высоких температурах.

Цель данной работы – определение возможности применения огнезащитной композиции в составе замасливателя при производстве огнестойких нитей для снижения трудоемкости и энергоемкости процесса производства огнестойких тканей.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Учеными НПО «Патриот» (г. Новосибирск) разработана огнезащитная композиция в виде водного раствора для обработки материалов пористой структуры [3]. Данная огнезащитная

композиция получила название «Фукам». Она изготавливается в виде порошка, который разводится 1:10 водой при комнатной температуре [4]. Средство пропитывает ткань, образуя в ней насыщенный активными компонентами защитный слой в виде пленки, которая растет на поверхности волокон из раствора подобно кристаллу во времени нахождения волокна в растворе. Пленка препятствует воспламенению и распространению пламени, и горению материала. Обработка тканей осуществляется методом поверхностной пропитки. Нанесение огнезащитной композиции проводится кистью, валиком, распылителем, пропитка – окунанием. Во время процесса нанесения и высыхания температура воздуха должна быть не менее +5 °С, а влажность воздуха не выше 80 %. Особых требований при проведении работ по обработке материалов не требуется, не нужна термофиксация [4]. Поэтому для достижения поставленной цели был взят огне-, биозащитный состав «Фукам» [3].

Пропитка составом тканей обеспечивает группу огнезащитной эффективности – трудно-воспламеняемые [3, 4].

После обработки материалы не воспламеняются под действием открытого огня, а при нахождении в течение продолжительного времени в зоне горения лишь обугливаются, не создавая открытого пламени. При этом происходит локальное разрушение материала, не создаются условия для распространения открытого огня, возможна безопасная эксплуатация изделий. Кроме этого, после обработки огнезащитным средством материалы не меняют свои физические свойства – цвет, плотность, запах, гибкость, сохраняют исходный внешний вид. Состав обладает антисептическими свойствами, защищает материал от грибка, плесени, насекомых [3, 4]. Гарантийный срок огнестойкости от 5 до 20 лет, в зависимости от условий эксплуатации. Огнезащитное средство было использовано для обработки тканей разного состава, огнестойкость которых подтверждена экспериментально [4].

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При получении химических волокон для улучшения технологических процессов применяются замасливатели. Адсорбционный слой замасливателя, образующийся на поверхности волокон, снижает их коэффициент трения и

электризацию [5]. По мнению авторов, эффективным технологическим решением может быть создание замасливающей композиции путем добавления в нее огне-, биозащитного состава, которая будет эффективна одновременно как для снижения коэффициента трения, устранения электризации, предохранения от биологических воздействий, так и для получения огнезащитных свойств нитей.

За основу предлагаемой замасливающей композиции взят замасливатель IS-2, включающий метиловый эфир жирных кислот; неонол АФ 9-12; олеиновую кислоту [6]. При смешении указанных компонентов посредством ультразвуковой обработки до достижения однородной массы образуется эмульсол, при растворении которого в воде образуются устойчивые прямые микроэмульсии (типа «масло в воде») [7]. Уникальное свойство микроэмульсий заключается в их способности поглощать большие объемы воды или углеводородной жидкости, а также сольбилизовать в микрокаплях примеси и загрязнения, каковыми в нашем случае являются компоненты огне-, биозащитного состава «Фукам». В такой композиции эмульсол выполняет свои прямые функции и дополнительно является транспортным средством по доставке компонентов средства для осаждения их на поверхность нити для создания на ней огнезащитного слоя.

Выбор состава замасливателя обусловлен скоростью удаления из готовой ткани компонентов замасливателя естественным путем, так как отсутствие химических примесей особенно важно для обеспечения огнестойкости. Известно, что чем больше давление насыщенных паров при заданной температуре проведения процесса обработки и хранения в последующем изготовлении ткани, тем выше скорость испаряемости жидкости. Так, в замасливателе IS-2 по сравнению с замасливателем IS-1 промышленное масло заменено на метиловый эфир жирных кислот, что делает состав более летучим. Давление насыщенных паров при данной температуре эфира метилового в 977 раз выше, чем у масла промышленного.

В таблице 1 представлено давление насыщенных паров при 20 °С для компонентов за-

Таблица 1 – Давление насыщенных паров

Наименование жидкости	Давление насыщенных паров при 20 °С, мм рт. ст.
Олеиновая кислота	0,21
Масло И-20	0,45
Неонол	0,65
Вода	17,5
Эфир метиловый	439,8

масливателей IS-1 и IS-2 [8].

Для исследований выбраны нити Арселон. Недостатком материалов из волокна Арселон является относительно невысокий показатель кислородного индекса (26 % вместо требуемых 28 %), что объясняет недостаточно высокую устойчивость волокна к воздействию открытого пламени [9]. При продолжительном воздействии огня ткань обугливается (рисунок 1), не имеет жидкой фазы, что предотвращает вторичные

ожоги [9].

Известно, что при получении волокна Арселон собираемые в жгут с нескольких прядильных мест комплексные нити помещают после промывки в замасливающее устройство, производят их гофрировку и сушку. В замасливающем устройстве происходит фиксация замасливающих препаратов на волокнах в виде адсорбционного слоя [5].



Рисунок 1 – Ткань из волокна Арселон после продолжительного воздействия огня

На рисунке 2 представлено фотоизображение структуры фазового состава микроэмульсии композиции, полученной из компонентов замасливателя IS-2 и огне-, биозащитного состава «Фукам». Стабильность полученного эмульсола в виде композиции замасливателя IS-2 с добавлением огне-, биозащитного состава в необходимых объёмах [4] и устойчивость его к расслоению подтверждена испытаниями согласно ГОСТ 29188.3-91 «Изделия косметические. Методы определения стабильности эмульсии» по отсутствию расслоения после 5 минут центрифугирования при частоте вращения  $100 \text{ с}^{-1}$  [10].

Композицию, представляющую собой смесь в одинаковых долях 10%-го эмульсола на основе эфира метилового и 10%-го раствора «Фукам», добавляли в замасливающее устройство при получении комплексной нити Арселон.

Образцы в виде высушенных от замасливателя жгутов из комплексных нитей сплетались в косички, как показано на рисунке 3 а. Кислородный индекс определялся по пяти образцам косичек. Определение кислородного индекса для косички из нитей проводили в установке, изображенной на рисунке 3 б. Она пригодна и для тканей. Подробное описание установки и методики определения кислородного индекса как для косички из нитей, так и для самих тканей изложено в ГОСТ 12.1.044-89 «Пожаровзрыво-

опасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения» [11]. На рисунке 3 с показана горящая косичка, а при испытаниях образцов из ткани в оправку вставляется полоска ткани.

В ходе эксперимента по определению кислородного индекса исследованы следующие образцы косичек:

Образец 1. Косичка, вымытая от замасливателя, отжата и затем высушена при комнатной температуре. Кислородный индекс определяли после сушки через 12 часов, и он составил 26 %.

Образец 2. Косичка, вымытая от замасливателя, высушена, а затем пропитывалась 10%-м раствором «Фукам» в течение получаса с последующим отжимом и сушкой при комнатной температуре. Кислородный индекс определяли после сушки через 12 часов, и он составил 27 %.

Образец 3. Косичка, полученная из жгутов, прошедших через замасливание композицией, представляющей собой смесь в одинаковых долях 10%-го эмульсола на основе эфира метилового и 10%-го раствора «Фукам», высушена при комнатной температуре. Кислородный индекс определяли после сушки через 12 часов, и он составил 25,5 %.

Образец 4. Косичка аналогична образцу 3. Кислородный индекс определяли после хранения при комнатной температуре в проветриваемой

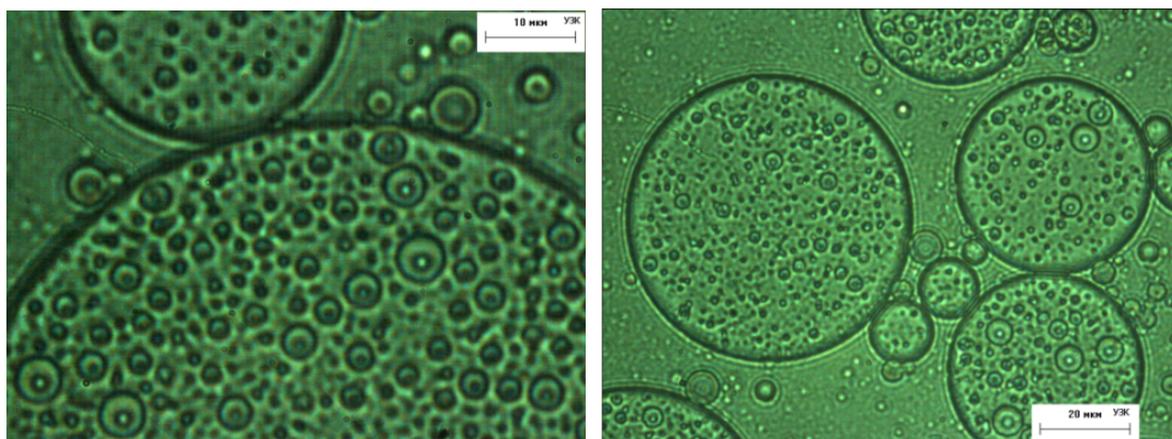


Рисунок 2 – Структура фазового состава микроэмульсии, полученной из композиции замасливателя IS-2 и огне-, биозащитного состава «Фукам»



Рисунок 3 – Иллюстрации эксперимента по ГОСТ 12.1.044-89:

а – образцы в виде косички для испытания на кислородный индекс, б – установка для испытания образцов на кислородный индекс, с – оправка для закрепления образца в виде косички или полоски ткани

мом помещении в течение 1 года, и он составил  $\approx 27\%$ .

Образец 5. Косичка аналогична образцу 3. Сушка интенсифицировалась прогревом бытовым феном с двух сторон в течение 30 минут, что соответствует максимальной температуре воздуха, выдуваемого феном  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Кислородный индекс определяли после тепловой сушки через 12 часов, и он составил  $\approx 27\%$ .

Отметим, что пропитка жгутов в чистом 10%-м растворе «Фукам» в течение получаса дала кислородный индекс 27 %, что подтверждает повышение огнестойкости нити Арселон при использовании средства «Фукам». Относительно небольшое увеличение кислородного индекса  $\Delta K = 1$  связано с особенностями взаимодействия самой нити с антипиренами при горении [1, 2]. Среднее значение кислородного индекса для замасленных образцов жгутов из нити Арселон, исследованных через 12 часов после замасливания и сушки при комнатной температуре, получилось 25,5 %, что меньше значения кислородного индекса контрольного образца из промытого от замасливателя и высушенного при комнатной температуре аналогичного жгута из нити, который составил 26 % [9]. Это связа-

но с остатками компонентов замасливателя на нитях жгута, которые способствовали горению. Определение кислородного индекса проводили через 12 часов после получения образцов и компоненты замасливателя не успели испариться. Образцы замасленных жгутов из нити Арселон, отлежавшие год в лаборатории, и образцы, высушенные феном, получили кислородный индекс, близкий к 27, что подтвердило гипотезу об остатках замасливателя на образцах и его удалении путем испарения и возможном ускорении процесса испарения воздействием обдувом горячим воздухом. Таким образом, экспериментально подтверждена возможность применения огнезащитной композиции «Фукам» в составе замасливателя IS-2 для снижения трудоемкости и энергоемкости процесса производства огнестойких нитей, что может послужить основой при разработке технологий огне-, биозащиты.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. При смешивании в одинаковых долях 10%-го водного раствора «Фукам» и 10%-й эмульсии IS-2 выявлена высокая стабильность замасливающей композиции после испытания её согласно ГОСТ 29188.3-91 «Изделия косметические. Методы определения стабильности эмульсии» по

отсутствию расслоения после 5 минут центрифугирования при частоте вращения  $100 \text{ с}^{-1}$  [10].

2. Экспериментально подтверждена возможность повышения огнезащитных свойств нитей при обработке их замасливателем IS-2 с огнезащитным составом «Фукам» в композиции.

3. Эксперимент показал, что наличие остатков компонентов замасливателя в образцах понижает значение кислородного индекса, то есть способствует горению и их нужно обязательно удалять, чтобы повысить кислородный индекс.

4. Решена задача удаления химических примесей из образцов для обеспечения ее огнестойкости путем замены индустриального масла в замасливателе на метиловый эфир жирных кислот, что делает состав более летучим. Также рекомендуется прогрев образцов для более полного удаления остатков замасливателя, так

как с повышением температуры увеличивается давление насыщенных паров и происходит более интенсивное испарение компонентов замасливателя. Прогрев можно осуществлять любым способом кроме отпаривания. Отпаривание разрушит защитную пленку из состава «Фукам».

5. Способ применения огнезащитной композиции «Фукам» в составе замасливателя при производстве огнестойких нитей позволит снизить трудоемкость и энергоемкость процесса придания огнестойких свойств текстильным материалам за счет сокращения количества операций и существенного снижения температуры их проведения.

6. Предлагаемый подход не рекомендуется к применению при производстве тканей под крашение, так как наносимый препарат будет удален на стадии подготовки материала.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Малых, А. Р. (2016), Ассортимент современных огнестойких текстильных материалов, *Научно-методический электронный журнал «Концепт»*, Т. 3, С. 116–120, URL: <http://e-koncept.ru/2016/56035.htm>.
2. Смирнов, Н. В. (2004), *Способы и средства огнезащиты текстильных материалов: Руководство*, М.: ВНИИПО, 48 с.
3. Универсальный огнезащитный состав «Фукам» для дерева, ковров и тканей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://fukam.ru/production>, дата доступа: 25 марта 2021.
4. Инструкция по применению при обработке тканей экологически безопасной универсальной огне-, биозащитной пропитки «ФУКАМ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ssoz.ru/uploads/docs/fucam-reglament-rabot-tkani.pdf>, дата доступа: 25 марта 2021.
5. Генис, А. В. (2013), Роль замасливателей в современных процессах получения химиче-

#### REFERENCES

1. Malykh, A. R. (2016), Assortment of modern fire-resistant textile materials [Assortiment sovremennyh ognestojkikh tekstil'nyh materialov], *Scientific and methodological electronic journal "Concept"*, Vol. 3, pp. 116–120, URL: <http://e-koncept.ru/2016/56035.htm>.
2. Smirnov, N. V. (2004), *Sposoby i sredstva ognезashchity tekstil'nyh materialov* [Methods and means of fire protection of textile materials], Moscow: VNIIPPO, 48 p.
3. Universal flame retardant "Fukam" for wood, carpets and fabrics [Universal'nyj ognезashchitnyj sostav «Fukam» dlya dereva, kovrov i tkanej], access mode: <http://fukam.ru/production> (accessed March 25, 2021).
4. Instructions for use in the processing of fabrics of environmentally safe universal fire-bio protective impregnation "FUKAM" [Instrukciya po primeneniyu pri obrabotke tkanej ekologicheski bezopasnoj universal'noj ogne-bio zashchitnoj propitki «FUKAM»], access mode: <https://ssoz.ru/uploads/docs/fucam-reglament-rabot-tkani>.

- ских волокон и наполненных полимерных материалов, *Пластические массы*, № 3, С. 24–30.
6. Толкач, А. П., Сакевич, В. Н., Посканная, Е. С. (2017), Замасливатель IS-2, ТУ BY 100006975.024-2016, Введ. 2017-21-03, 13 с.
  7. Арашкова, А. А., Гончарова, И. А., Посканная, Е. С., Сакевич, В. Н., Тригубович, А. М., Шарич, Т. В. (2017), Создание биостойкой замасливающей композиции, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (32), С. 140–148.
  8. Бобылёв, В. Н. (2003), *Физические свойства наиболее известных химических веществ: Справочное пособие*, РХТУ им. Д. И. Менделеева, М., 23 с.
  9. Что представляет собой ткань арселон: свойства, плюсы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://textiletrend.ru/pro-tkani/iskusstvennyie/arselon.html>, дата доступа: 25 марта 2021.
  10. ГОСТ 29188.3-91. *Изделия косметические. Методы определения стабильности эмульсии*, Введ. 1991-24-12, Комитет стандартизации и метрологии СССР, Москва, 1993, 4 с.
  11. ГОСТ 12.1.044-89. (ИСО 4589-84). ССБТ. *Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения*, Введ. 1985-01-07, Комитет стандартизации и метрологии СССР, Москва, 1987, 4 с.
- pdf (accessed March 25, 2021).
5. Genis, A. V. etc. (2013), The role of lubricants in modern processes for the production of chemical fibers and filled polymeric materials [Rol' zamaslivatelej v sovremennyh processah poluchenija himicheskikh volokon i napolnennyh polimernyh materialov], *Plasticheskie massy – Plastic material*, 2013, № 3, pp. 24–30.
  6. Tolkach, A. P., Sakevich, V. N., Poskannaya, E. S. (2017), Emulsion IS -2, TR BY 100006975.024-2016, Enacted, 2017-21-03, 13 p.
  7. Arashkova, A. A., Goncharova, I. A., Poskannaja, E. S., Sakevich, V. N., Trigubovich, A. M., Sharich, T. V. (2017), Creation of a biostable sizing composition [Sozdanie biostojkoj zamaslivajushhej kompozicii], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tehnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2017, № 1 (32), pp. 140–148.
  8. Bobyljov, V. N. (2003), *Fizicheskie svojstva naibolee izvestnyh himicheskikh veshhestv: Spravochnoe posobie* [Physical properties of the most famous chemicals: Reference book], RHTU im. D. I. Mendeleeva, Moscow, 23 p.
  9. What is the Arselon fabric: properties, advantages [Chto predstavlyaet soboj tkan' arselon: svojstva, plyusy], access mode: <https://textiletrend.ru/pro-tkani/iskusstvennyie/arselon.html> (accessed March 25, 2021).
  10. GOST 29188.3-91. *Cosmetic products. Methods for determining the stability of the emulsion, Introduction*, 1991-24-12, Committee for Standardization and Metrology of the USSR, Moscow, 1993, 4 p.
  11. GOST 12.1.044-89. (ISO 4589-84). SSBT. *Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods of their determination*, introduced 1985-01-07.

Статья поступила в редакцию 29. 04. 2021 г.