

УДК 614.841.1:614.841.3/4

## ПОЛИМЕРНОЕ ОГНЕТУШАЩЕЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ В ЭЛЕКТРОУСТАНОВКАХ, НАХОДЯЩИХСЯ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Богданова В.В., Тихонов М.М., Мамедов А.М.

Рассмотрены результаты исследований влияния системы замедлителей горения на физико-химические, огнетушащие свойства композиционного материала на основе напыляемого пенополиуретана марки «Изолан-125», перспективного как огнетушащее средство для тушения пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением.

*Ключевые слова:* пенополиуретан, аммонийные фосфаты, антипирен, тушение пожаров, огнетушащая способность, диэлектрические свойства

(Поступила в редакцию 31 мая 2017 г.)

**Введение.** Быстрое развитие энергетики повышает актуальность проблем, связанных как с обеспечением пожарной безопасности электроустановок во всех режимах работы, включая аварийные, так и с тушением пожаров на электроустановках, находящихся под напряжением.

Снятие напряжения с электроустановок является сложным организационным процессом и требует определенного времени, что приводит к увеличению материального ущерба и осложнению обстановки на пожаре, а несвоевременное тушение электроустановок приводит не только к перебоям в электроснабжении, но и к большему материальному ущербу.

Пожарная опасность электроустановок обусловлена наличием в них большого количества горючих материалов (масла различных марок, изоляция электрических кабелей и т. п.). Поэтому необходимо применение таких огнетушащих веществ и средств, которые обеспечат безопасную и одновременно эффективную ликвидацию пожаров электроустановок, находящихся под напряжением.

**Целью данной работы** явилась разработка полимерного огнезащитного материала на основе жесткого напыляемого полиуретана, возможного к применению в качестве огнетушащего средства для тушения пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением.

**Методика эксперимента и обсуждение полученных результатов.** В качестве полимерной матрицы для получения вспениваемого огнезащитного материала отобрана пенополиуретановая композиция марки «Изолан-125», в течение короткого времени образующая жесткую конденсированную теплоизоляционную пену. Исследуемые замедлители горения: синтетические недефицитные продукты – аммонийные фосфаты двух- и/или трехвалентных металлов, свойства которых возможно регулировать изменением металла и соотношения компонентов.

Методом полного факторного эксперимента установлено, что оптимальная рецептура для исследуемого ППУ материала имеет следующее массовое соотношение компонентов в пересчете на оксиды:  $\text{NH}_3 : \text{P}_2\text{O}_5 : \text{SO}_3 : \text{CaO} : \text{MgO} : \text{Cl} = 0,44 : 2,72 : 1,67 : 1 : 2,86 : 1,06$ . Экспериментально подтверждено, что при содержании антипирена в полимерной композиции 15 мас.% массовое соотношение компонентов: полиол (А) : изоцианат (Б) : антипирен = 1 : 1 : 0,35 соответствует оптимальному балансу между физико-химическими, эксплуатационными и огнестойкими свойствами ППУ марки «Изолан-125».

В связи с отсутствием в литературных источниках [1-13] данных о процессах, оказывающих определяющее влияние на прекращение горения ППУ полимеров, для нахождения факторов, обуславливающих достижение нормативных параметров при создании огнезащитного ППУ (потеря массы ( $\Delta m$ ) не выше 60 %, максимальное приращение температуры отходящих газов ( $\Delta t_{\text{max}}$ ) не выше 60 °С), проведен цикл исследований, позволяющих определить зависимость огнестойких свойств материала от количественного содержания основных компонентов замедлителя горения. Найдено, что композиционный материал является трудногорючим, если содержание азота либо азота и хлора в композиции составляет не менее 0,7-1,6 г и фосфора не менее 1,25 г на 100 г композиции [14].

Экспериментами [14] по определению устойчивости антипирена в компоненте А в зависимости от времени установлено, что после двухгодичного хранения изменений в реакционной способности и физико-химических свойствах ППУ композиции с использованием хранившегося в присутствии замедлителя горения компонента А не обнаружено.

Принимая во внимание тот факт, что при возникновении пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением, могут гореть как твердые горючие материалы, так и горючие жидкости, необходимо было проверить огнетушащую эффективность разработанного огнетушащего средства как для пожаров класса «А», так и класса «В».

Исследование огнетушащей эффективности огнезащитного ППУ при тушении лабораторного очага пожара класса А и В проводили по методике, разработанной на основе СТБ 11.13.04–2009 [15] с соблюдением условий геометрического подобия: размер брусков уменьшали в 2 раза по сравнению со стандартными при сохранении их количества в штабеле (лабораторный очаг класса А), размер противня был уменьшен по сравнению со стандартными при сохранении отношения воды и горючего в нем (лабораторный очаг класса В).

Испытания для лабораторного очага класса А проводили в следующей последовательности: разжигали из высушенных сосновых брусков размерами  $0,02 \times 0,02 \times 0,1$  метра (количество брусков в слое – 3 шт., количество слоев – 6) деревянный штабель, тушение которого проводили через 4,5 минуты от начала проведения эксперимента. В ходе эксперимента фиксировали: количество израсходованного ППУ на прекращение пламенного горения, на тушение без повторного воспламенения; время до начала повторного воспламенения. Очаг считали потушенным, если в соответствии с [15] повторное воспламенение не происходило в течение 10 мин. Испытание проводили не менее 7 раз. Для тушения лабораторного очага использовалась описанная ранее переносная установка для подачи огнетушащего ППУ [16].

Сопоставительные усредненные количества израсходованных огнетушащих средств (ОС) на тушение лабораторных очагов и их удельный расход представлены в таблице 1-3.

**Таблица 1. – Расход огнетушащих средств на тушение лабораторного очага из древесины**

Огнетушащее средство	Концентрация, %	Объем ОС, израсходованного на тушение, $V \times 10^{-3}$ , дм <sup>3</sup>	Наличие повторного воспламенения	Удельный расход ОС, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>
Вода [17]	-	60,0	нет	0,50
Вода+1% ПО–6НСВ [17]	-	45,0	нет	0,38
Тофасил [17]	15	26,7	нет	0,22
АН60–КМ [17]	15	22,5	нет	0,19
Трудногорючий ППУ	-	19,6	нет	0,16

Огнетушащую эффективность разработанного вещества можно оценить путем сравнения расходов огнетушащих веществ на тушение лабораторного очага с расходом подаваемого ППУ материала. Для определения параметров расхода огнезащитного ППУ на тушение лабораторного очага использовался показатель удельного расхода огнетушащего средства, рассчитываемый по формуле:

$$Q = \frac{q_T}{F_T} = \frac{V_T}{F_T \cdot t_T}, \quad (1)$$

где  $q_T$  – расход ППУ на тушение;

$F_T$  – площадь поверхности горения;

$t_T$  – время тушения.

Как следует из полученных данных (таблица 1), огнетушащая эффективность трудногорючего ППУ существенно выше по сравнению с водой, водой с ПАВ и сопоставима по удельному расходу со специализированными жидкостными синтетическими средствами (АН60–КМ, Тофасил), что объясняется: способностью разработанного материала образовывать вспененную теплоизолирующую структуру, изолирующую зону горения от доступа воздуха, а также комплексным действием синтезированного замедлителя горения: ингибирование радикальных процессов в газовой фазе и образование конденсированных теплоизолирующих структур, препятствующих дальнейшему разогреву материала и образованию и выходу летучих горючих продуктов в пламенную зону [18].

Исследование огнетушащей эффективности огнезащитного ППУ при тушении лабораторного очага пожара класса В проводили по методике, разработанной на основе СТБ 11.13.04–2009 [15], с соблюдением условий геометрического подобия: размер противня был уменьшен по сравнению со стандартными при сохранении отношения воды и горю-

чего в нем. Модельный очаг пожара класса В представлял собой круглый противень, изготовленный из листовой стали. Размеры противня и характеристики используемого модельного очага (по сравнению с нормируемым в СТБ 11.13.04-2009 модельным очагом приведены в таблице 2).

**Таблица 2. – Характеристика модельных очагов пожара класса В**

Модельный очаг	Объем воды, дм <sup>3</sup>	Объем горючего, дм <sup>3</sup>	Номинальный диаметр противня, мм	Высота противня, мм, ±5	Толщина стенки противня, не менее, мм	Ориентировочная площадь очага, м <sup>2</sup>
1В (согласно [15])	0,3	0,7	200±15	100	1,5	0,03
Используемый	0,2	0,4	120	60	1,5	0,02

Противень устанавливался таким образом, чтобы обеспечить легкий доступ к нему со всех сторон. В противень заливалась вода в объеме, указанном в таблице 2, на слой воды наливалось горючее. В качестве горючего использовался применяемый в хозяйственной деятельности бензин марки «Н-80» летний. Далее с помощью факела производился поджог горючего в противне, тушение которого производилось не менее чем через 60 с. Очаг считался потушенным, если в течение 1 мин. не произошло его повторное самовоспламенение.

В ходе эксперимента было установлено, что разработанный огнетушащий пенополиуретановый материал на основе ППУ марки «Изолан-125» может применяться для тушения пожаров класса В, так как поставленная перед началом эксперимента задача по прекращению горения ЛВЖ полностью достигнута, а также через 1 минуту после ППУ применения не наблюдалось повторного самовоспламенения очага.

Результат подачи разработанного антипирированного материала в лабораторный очаг наглядно представлен на рисунке 1.



**Рисунок 1. – Тушение антипирированным пенополиуретаном лабораторного очага пожара класса В**

1 – внешний вид лабораторного очага перед началом тушения;

2 – внешний вид лабораторного очага после тушения

Объем огнетушащего ППУ, израсходованного на тушение модельного очага составил 0,023 дм<sup>3</sup>, а время тушения – 20 секунд.

Полученные данные по удельному расходу огнетушащего пенополиуретана сравнивались с удельными расходами других огнетушащих средств, применяемых при тушении пожаров класса В, а именно при тушении бензина, который использовался в эксперименте в качестве ЛВЖ. Сопоставительные удельные расходы огнетушащих веществ на тушение ЛВЖ представлены в таблице 3.

**Таблица 3. – Расходы огнетушащих средств на тушение очага пожара класса В**

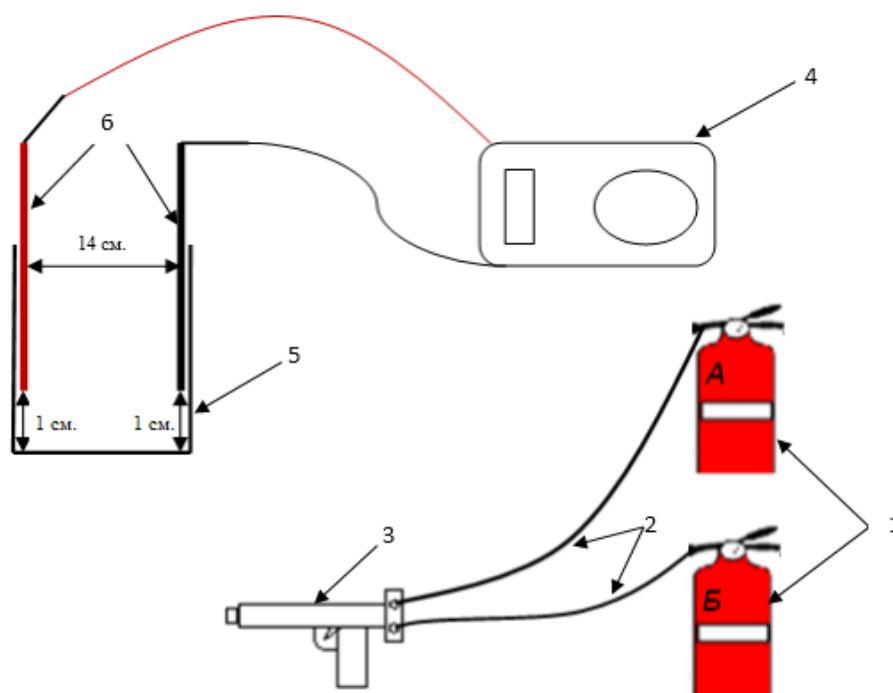
Огнетушащее средство	Удельный расход ОС, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> · с)
Тонкораспыленная вода [19]	0,30
Раствор пенообразователя с применением: - фторсодержащих пленкообразующих ПО целевого назначения [18,19];	0,10

Огнетушащее средство	Удельный расход ОС, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$
- ПО-1 [19];	0,08
- ПО-1Д [19];	0,12
- САМПО, ПО-6НП [20];	0,15
- ПО-ЗАИ, ТЭАС, ПО-ЗНПО, ПО-6ТС [20].	0,15
Огнезащищенный ППУ	0,06

Из таблицы 3 видно, что удельный расход на тушение пожара класса В разработанным огнезащищенным пенополиуретановым материалом существенно меньше удельных расходов других огнетушащих веществ, что свидетельствует о более высокой огнетушащей эффективности вследствие способности разработанного материала изолировать зону горения от доступа воздуха, создавая вспененную структуру, а синтезированным замедлителем горения – снизить скорость процессов термической деструкции конденсированной пены.

Для определения возможности тушения пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением, при помощи разработанного трудногорючего ППУ необходимо было оценить его диэлектрические свойства.

Диэлектрические свойства разработанного огнетушащего средства можно оценить путем сравнения значения электрического сопротивления воды, подаваемого ППУ материала со значением электрического сопротивления воздуха, как качественную характеристику, показывающую диэлектрическую способность веществ. Для проведения эксперимента использовалась переносная установка для подачи ППУ [16] и лабораторная установка, представленная на рисунке 2.



**Рисунок 2. – Лабораторная установка для определения электрических свойств**

1 – емкости с компонентами ППУ; 2 – соединительные рукава;  
3 – пистолет-распылитель; 4 – мультиметр (УТВ139В); 5 – емкость; 6 – электроды

Испытания проводили в соответствии с разработанной методикой, где измеряли электрическое сопротивление воздуха, воды и ППУ при подаче его в емкость с электродами.

В ходе эксперимента огнезащищенный ППУ подавался в емкость с электродами, а при помощи мультиметра (УТВ139В) фиксировалось значение электрического сопротивления подаваемого вещества. Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

**Таблица 4. – Результаты эксперимента**

наименование	воздух	вода	Изолан-125
экспериментальное значение сопротивления Ом*м	>1 МОм	300 КОм	>1 МОм

**Заключение.** Согласно литературным и патентным данным до настоящего времени не было известно о применении конденсированных пен как огнетушащих средств. В данной работе представлены новые экспериментальные данные по разработке рецептуры замедлителя горения, что позволило создать трудногорючий жесткий ППУ марки «Изолан-125» с удовлетворительными реакционными и физико-химическими свойствами. В результате серии испытаний показано наличие огнезащитного эффекта трудногорючего ППУ. Огнетушащая эффективность трудногорючего ППУ существенно выше по сравнению с водой, водой с ПАВ и сопоставима по удельному расходу со специализированными жидкостными синтетическими средствами (АН60–КМ, Тофасил) при тушении пожаров класса А, а удельный расход на тушение пожара класса В разработанным огнезащитным пенополиуретановым материалом сравнительно меньше удельных расходов других огнетушащих веществ, что свидетельствует о более высокой огнетушащей эффективности. Это объясняется способностью разработанного материала образовывать вспененную теплоизолирующую структуру, изолирующую зону горения от доступа воздуха, а также комплексным действием синтезированного замедлителя горения: ингибирование радикальных процессов в газовой фазе и образование конденсированных теплоизолирующих структур, препятствующих дальнейшему разогреву материала и образованию и выходу летучих горючих продуктов в пламенную зону.

Вместе с тем преимуществом конденсированной пены по сравнению с жидкостными составами является ее высокие диэлектрические характеристики, что открывает возможность применения разработанного трудногорючего материала для тушения пожаров в электроустановках, находящихся под напряжением.

#### ЛИТЕРАТУРА

- Weil, R.D. Commercial flame retardancy of polyurethanes / R.D. Weil, S.V. Levchik // J. Fire Sci. – 2004. – № 22. – P. 183-210.
- Лучкина, Л.В. Влияние концентрации антипирена и химической структуры жестких пенополиуретанов на их пожароопасность / Л.В. Лучкина, Д.А. Рудь, Т.А. Рудакова, А.В. Сухов // Полимерные материалы пониженной горючести: тр. VI междунар. конф., Вологда, 14-18 мая 2011. – Вологда, 2011. – С. 43-45.
- Цыганова, Е.А. Оксиэтилендифосфоновая кислота, ее аминные соли и ангидрид борной и фосфоновой кислот, как антипирены для жестких пенополиуретанов: автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.06 / Е.А. Цыганова, КГТУ. – Казань, 2001. – 16 с.
- Feske, E.F. Flame retardant pentane blown polyisocyanurate foams for roofing / E.F. Feske, W.R. Brown // Polyurethane. – 2002. – P. 32-40.
- Сучков, В.П. Технология производства трудногорючего пенополиуретана с использованием фосфогипса / В.П. Сучков, А.А. Мольков // Изв. вузов. Стр.-во. – 2009. – № 6. – С. 25-29.
- Дементьев, А.Г. Влияние старения на горючесть эластичного ППУ с трихлорэтилфосфатом / А.Г. Дементьев, Т.Ю. Дроздова, А.И. Болдузев // Пласт. массы. – 1987. – № 2. – С. 50-51.
- Flameretardants for flexible polyurethane foam // Rubber World. – 2006. – Vol. 234, № 7. – P. 11.
- Мауэрер, О. Фосфорорганические антипирены LANXESS / О. Мауэрер // Пластикс. – 2009. – № 4. – С. 18-19.
- Кузнецова, В.П. Кремнийорганические полиуретаны / В.П. Кузнецова, Н.Н. Ласковенко, Л.В. Запунная; под ред. В.П. Кузнецовой. – Киев: Наукова думка. 1981. – 220 с.
- Мольков, А.А. Негорючий гипсонаполненный пенополиуретан / А.А. Мольков // 11 Нижегородская сессия молодых ученых. Технические науки: Материалы докладов, Дзержинск, 12-16 февр. 2006 г. / Нижегород. гос. ун-т ; редкол. О.В. Гладкова [и др.]. – Дзержинск, 2006. – С. 71-72.
- Способ получения пенополиуретанов // Поиск патентов и изобретений, зарегистрированных в РФ и СССР [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/212/2129127.html>. – Дата доступа: 21.04.2009.
- Трудногорючий композиционный материал на основе термопластов // Патенты России [Электронный ресурс]. – 2009. – Режим доступа: <http://ru-patent.info/21/45-49/2147593.html>. – Дата доступа: 21.04.2009.
- Thirumal, M. Halogen-free flame-retardant rigid polyurethane foams: effect of alumina trihydrate and triphenylphosphate on the properties of polyurethane foams / M. Thirumal [and ect.] // J. Appl. Polym. Sci. – 2010. – Vol. 116, № 4. – P. 2260-2268.
- Тихонов, М.М. Обеспечение безопасности эксплуатации кабельных шахт гражданских зданий /

- М.М. Тихонов [и др.] // Чрезвычайн. ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2014. – № 2 (36). – С. 46-57.
15. Система стандартов пожарной безопасности. Пожарная техника. Огнетушители переносные. Общие технические условия: СТБ 11.13.04–2009. – Введ. 01.09.2009. – Минск: Госстандарт, 2009. – 46 с.
  16. Ранцевая установка для подачи трудногорючего пенополиуретана: пат. 10112 Респ. Беларусь, А 62С 15/00 (2006.01), А 62С 31/12 (2006.01), В 05В 7/02 (2006.01), В 01F 5/18 (2006.01), В 01F 3/14 (2006.01) / М.М. Тихонов, В.В. Богданова, О.Н. Бурая; заявитель государственное учреждение образования «Командно-инженерный институт» Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь – и 20130873; заявл. 30.10.2013; опубл. 30.06.2014 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2014. – № 3 (98). – С. 183.
  17. Богданова, В.В. Огнетушащая эффективность жидкостных химических составов при тушении пожаров класса А распылительными устройствами пожаротушения / В.В. Богданова [и др.] // Вестн. Команд.-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2008. – № 1. – С. 35-41.
  18. Тихонов, М.М. Применение напыляемого жесткого трудногорючего пенополиуретана для ограничения распространения пожара по кабельным шахтам гражданских зданий : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.26.03 / Тихонов Максим Михайлович ; Команд.-инженер. ин-т МЧС Респ. Беларусь. – Минск, 2014. – 22 с.
  19. Иванников, В.П. Справочник руководителя тушения пожара / В.П. Иванников, П.П. Клюс. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.
  20. Повзик, Я.С. Пожарная тактика: учебное пособие / Я.С. Повзик – М., 1999. – 402 с.

## POLYMERIC FIRE EXTINGUISHING MEANS FOR FIRE EXTINGUISHING IN ELECTRIC INSTALLATIONS UNDER VOLTAGE

**Valentina Bogdanova**, Doctor of Chemical Sciences, Professor

**Maxim Tikhonov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

**Anar Mamedov**

The state educational establishment «University of Civil protection of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus», Minsk, Belarus

*Purpose.* The results of researches of influence of system retardants on physical, chemical, fire-blocking and fire-extinguishing properties of the composite material is based on expandable polyurethane foam brand «Izolan-125», which is a promising material as agent limits the spread of fire on cable mines civil buildings, as well as the fire-extinguishing agent for extinguishing fires of different classes.

*Methods.* In research were used: method of complete factorial experiment, the method of differential scanning calorimetry, complex thermal, spectrophotometric and variance analyses, electron microscopy.

*Findings.* This paper presents new experimental data on the development and adjustment method of full factorial experiment of the formulation of retarder of burning, thereby creating a flame retardant rigid polyurethane foam brand «Izolan-125» with a satisfactory reactivity and physical and chemical properties. Series of tests showed the presence of flame retardant effect. The flame retardant polyurethane foam can be used for extinguishing fires in electrical installations under voltage.

*Application field of research.* The obtained experimental data on the mechanism of action of the investigated retardants allow a directed approach to the development of flame retardants for polyurethane foams of different brands.

*Conclusions.* Designed in flameproof polyurethane foam, material has relatively lower costs than other extinguishing agents, indicating a higher fire-extinguishing efficiency. //Along with the advantage of condensed foam in comparison with liquid formulations, it shows high dielectric characteristics, which opens the possibility of applying the flame retardant material designed to extinguish fires in electrical installations under voltage.

*Keywords:* polyurethane, ammonium phosphates, flame retardant, extinguishing of fires, fire extinguishing ability, dielectric properties.

(The date of submitting: May 31, 2017)

### REFERENCES

1. Weil R.D., Levchik S.V. Commercial flame retardancy of polyurethanes. *J. Fire Sci.* 2004. No. 22. Pp. 183-210.
2. Luchkina L.V., Rud' D.A., Rudakova T.A., Suhov A.V. Vlijanie koncentracii antipirena i himicheskoj struktury zhestkih penopoliuretanov na ih pozharoopasnost'. *Polimernye materialy ponizhennoj gorjuchesti: tr. VI mezhdunar. konf., Vologda, 14-18 maja 2011.* Vologda, 2011. Pp. 43-45. (rus)
3. Cyganova E.A. *Oksijetilendifosfonovaja kislota, ee aminnye soli i angidrid bornoj i fosfonovoj kislot, kak antipireny dlja zhestkih penopoliuretanov:* avtoref. dis.kand. him. nauk: 02.00.06. KGTU. Kazan', 2001. 16 p. (rus)
4. Feske E.F., Brown W.R. Flame retardant pentane blown polyisocyanurate foams for roofing. *Polyurethane.* 2002. Pp. 32-40.
5. Suchkov V.P., Mol'kov A.A. Tehnologija proizvodstva trudnogorjuchego penopoliuretana s ispol'zovaniem fosfogipsa. *Izv. vuzov. Str-vo.* 2009. No. 6. Pp. 25-29. (rus)
6. Dement'ev A.G., Drozdova T.Ju., Bolduzev A.I. Vlijanie starenija na gorjuchest' jelastichnogo PPU s trihlorjetilfosfatom. *Plast. massy.* 1987. No. 2. Pp. 50-51. (rus)
7. Flameretardants for flexible polyurethane foam. *Rubber World.* 2006. Vol. 234, No. 7. Pp. 11.
8. Maujerer, O. Fosfororganicheskie antipireny LANXESS. *Plastiks.* 2009. No. 4. Pp. 18-19. (rus)
9. Kuznecova V.P., Laskovenko N.N., Zapunnaja L.V. Kremnijorganicheskie poliuretany. Kiev: *Naukova dumka.* 1981. 220 p. (rus)
10. Mol'kov A.A. Negorjuchij gipsonapolnennyj penopoliuretan. *11 Nizhegorodskaja sessija molodyh uchenyh. Tehnicheskie nauki: Materialy dokladov, Dzerzhinsk, 12-16 fevr. 2006 g.* Nizhegor. gos. un-t; redkol. O.V. Gladkova [i dr.]. Dzerzhinsk, 2006. Pp. 71-72. (rus)
11. *Sposob poluchenija penopoliuretanov.* Poisk patentov i izobretenij, zaregistririrovannyh v RF i SSSR [Jelektronnyj resurs]. 2009. Available at: <http://www.findpatent.ru/patent/212/2129127.html>. (accessed: April 21, 2009). (rus)



12. Trudnogorjuchij kompozicionnyj material na osnove termoplastov. Patenty Rossii, 2009. Available at: <http://ru-patent.info/21/45-49/2147593.html> (accessed: April 21, 2009). (rus)
13. Thirumal M., and ect. Halogen-free flame-retardant rigid polyurethane foams: effect of allumina trihydrate and triphenylphosphate on the properties of polyurethane foams. *J. Appl. Polym. Sci.* 2010. Vol. 116, No. 4. P. 2260-2268.
14. Tikhonov M.M. and oth. Obespechenie bezopasnosti ekspluatatsii kabel'nykh shakht grazhdanskikh zdaniy. *Chrezvychayn. situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya.* 2014. No. 2 (36). Pp. 46-57. (rus)
15. *Belarus Standard 11.13.04–2009* The system of standards of fire safety. Fire fighting equipment. Fire extinguishers, portable. General specifications. Affirmed 01.09.2009. Minsk : Gostandart, 2009. 46 p. (rus)
16. *Rancevaja ustanovka dlja podachi trudnogorjuchego penopoliuretana*: pat. 10112 Resp. Belarus', A 62C 15/00 (2006.01), A 62C 31/12 (2006.01), B 05B 7/02 (2006.01), B 01F 5/18 (2006.01), B 01F 3/14 (2006.01) / M.M. Tihonov, V.V. Bogdanova, O.N. Buraja; zajavitel' gosudarstvennoe uchrezhdenie obrazovaniya «Komandno-inzhenernyj institut» Ministerstva po chrezvychajnym situacijam Respubliki Belarus' u 20130873; zajavl. 30.10.2013; opubl. 30.06.2014. Aficyjnyj bjul. Nac. cjentr intjelektual. ulasnasci. 2014. No. 3 (98). Pp. 183. (rus)
17. Bogdanova V.V. and oth. Ognetushashchaya effektivnost' zhdkostnykh khimicheskikh sostavov pri tushenii pozharov klassa A raspylitel'nymi ustroystvami pozharotusheniya. *Vestn. Komand.-inzhener. in-ta MChS Resp. Belarus'.* 2008. No. 1. Pp. 35–41. (rus)
18. Tikhonov, M.M. *Primenenie napyljaemogo zhestkogo trudnogorjuchego penopoliuretana dlja ogranichenija rasprostraneniya pozhara po kabel'nykh shahtam grazhdanskikh zdaniy.* Cand. tech. sci. diss. Synopsis: 05.26.03. Tihonov Maksim Mihajlovich ; Komand.-inzhener. in-t MChS Resp. Belarus'. Minsk, 2014. 22 p. (rus)
19. Ivannikov V.P., Klyus P.P. *Spravochnik rukovoditelya tusheniya pozhara* [Directory of head of the fire fighting]. Moscow: Stroyizdat, 1987. 288 p. (rus)
20. Povzik Ya.S. *Pozharnaya taktika: uchebnoe posobie* [Firefighting tactics: a training manual]. Moscow, 1999. 402 p. (rus)