

УДК 001.89:[378.4:614.8]

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ЦЕНТРА КОЛЛЕКТИВНОГО ПОЛЬЗОВАНИЯ УНИКАЛЬНЫМ НАУЧНЫМ ОБОРУДОВАНИЕМ УНИВЕРСИТЕТА ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ МЧС БЕЛАРУСИ

Камлюк А.Н., Аушев И.Ю., Дробыш А.С., Криваль Д.В.

Статья посвящена вопросам функционирования Центра коллективного пользования научным оборудованием. Обозначены основные цели и задачи Центра, направления выполняемых научных исследований. Приводятся сведения об имеющемся оборудовании, научных результатах его использования.

Ключевые слова: Центр коллективного пользования, научное оборудование, научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

(Поступила в редакцию 19 октября 2018 г.)

Введение. В 2016 г. в результате реорганизации учреждений образования Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь согласно приказу МЧС от 30.08.2016 г. № 199, которым утверждены структура и штат государственного учреждения образования «Университет гражданской защиты Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь», был создан факультет подготовки научных кадров.

Помимо задач по обеспечению планирования, организации и контроля реализации образовательных программ послевузовского образования, формирующих знания, умения и навыки научно-педагогической и научно-исследовательской работы, обеспечивающей получение ученой степени кандидата наук и доктора наук, факультет координирует деятельность внештатной испытательной лаборатории Университета.

Лаборатория аккредитована на проведение 46 видов испытаний и оснащена собственным уникальным оборудованием, позволяющим проводить испытания в соответствии с областью аккредитации в полном соответствии с требованиями технических нормативных правовых актов на методы испытаний. За последние 5 лет было испытано более 600 кг строительных материалов (шпатлевки, штукатурки и т. д.), кабельной продукции (кабели, провода, шнуры) протяженностью более 32 км, а также красок и лакокрасочных покрытий, нанесенных на испытываемые поверхности, общей площадью более 180 м².

Наличие в Университете уникального научного оборудования и штата высококвалифицированных работников, в функции которых входит проведение научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ, испытаний (в том числе арбитражных и сертификационных) и измерений в различных областях науки и техники, дало возможность ходатайствовать перед Государственным комитетом по науке и технологиям Республики Беларусь о присвоении факультету подготовки научных кадров статуса Центра коллективного пользования уникальным научным оборудованием (далее – ЦКП). Соответствующий приказ был подписан 6 сентября 2018 г. Председателем Государственного комитета по науке и технологиям Республики Беларусь.

Основная часть. Вопросы совершенствования образовательного процесса и качества подготовки специалистов в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, организации совместных работ с эффективным и комплексным использованием оборудования и приборов в интересах повышения научного уровня фундаментальных и прикладных исследований для учреждений образования, научных организаций, предприятий реального сектора экономики, создания необходимых условий для интенсификации научных исследований, координации и организации работ по методическому и техническому обеспечению измерений являются ключевыми целями создания ЦКП.

В соответствии с обозначенными целями ЦКП должен решать следующие основные задачи:

– проведение самостоятельно и совместно с заинтересованными организациями научных исследований и прецизионных измерений с использованием уникального и дорогостоящего научного оборудования;

– проведение научных исследований и измерений в процессе подготовки научных кадров высшей квалификации, а также обучающихся на I и II ступени высшего образования;

– выполнение научных исследований, направленных на разработку новых и совершенствование известных методик анализа и испытаний различных материалов, продукции, определение их свойств и параметров, участие в разработке математических методов расчета и обработке результатов экспериментальных исследований.

На сегодняшний день основными направлениями исследований, проводимых ЦКП, являются:

– горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность твердых веществ и материалов, массовые и тепловые эффекты при их нагреве;

– элементный состав (качественный и количественный), в том числе растворов, жидких веществ, массовые и тепловые эффекты при их нагреве;

– электрическое сопротивление, плотность изоляции, сопротивление изоляции, предел распространения горения, предел огнестойкости, горючесть и воспламеняемость, дымообразующая способность, эквивалентный показатель токсичности продуктов горения кабельных изделий, показатель коррозионной активности продуктов дымогазовыделения при горении и тлении каждого из полимерных материалов их конструкции;

– расход воздуха, удаляемого через дымовые клапаны непосредственно из помещений, коридоров на путях эвакуации, расход (скорость движения) воздуха в двери при выходе с этажа (помещения) на пути эвакуации, избыточное давление воздуха на нижних этажах лестничных клеток, в шахтах лифтов, в тамбур-шлюзах, перепад давления на закрытых дверях путей эвакуации.

В настоящее время ЦКП оснащен следующим научно-исследовательским оборудованием:

– установка по определению предела распространения горения одиночным кабелем (проводом);

– установка по определению предела распространения горения пучком кабелей (проводов);

– стенд по измерению плотности дыма при горении кабелей в заданных условиях;

– стенд по определению показателя коррозионной активности газообразных продуктов горения материалов кабелей и проводов;

– установка для испытания электрических и оптических кабелей в условиях воздействия пламени;

– установка для определения группы негорючих материалов;

– установка для испытания строительных материалов на воспламеняемость;

– установка для определения коэффициента дымообразования твердых веществ и материалов;

– установка для определения группы трудногорючих и горючих твердых материалов;

– установка для испытания горючих строительных материалов для определения их группы горючести;

– установка по испытанию готовых изделий на горючесть раскаленной проволокой;

– горелка узкого (игольчатого) пламени;

– лабораторная газовая горелка Бунзена;

– установка для дифференциально-термического (ДТА) и термогравиметрического (ТГА) анализа «ТЕРМОСКАН-2»;

– ИК-Фурье-спектрометр ALPHA BRUKER (приставка Eco-ATR);

– спектрофотометр MC 122;

– атомно-эмиссионный спектрометр на индуктивно-связанной плазме модели ICP-2060T;

– электропечь лабораторная 1100 °С, 10 л (СНОЛ-2.2,5.1,8/11-И2);

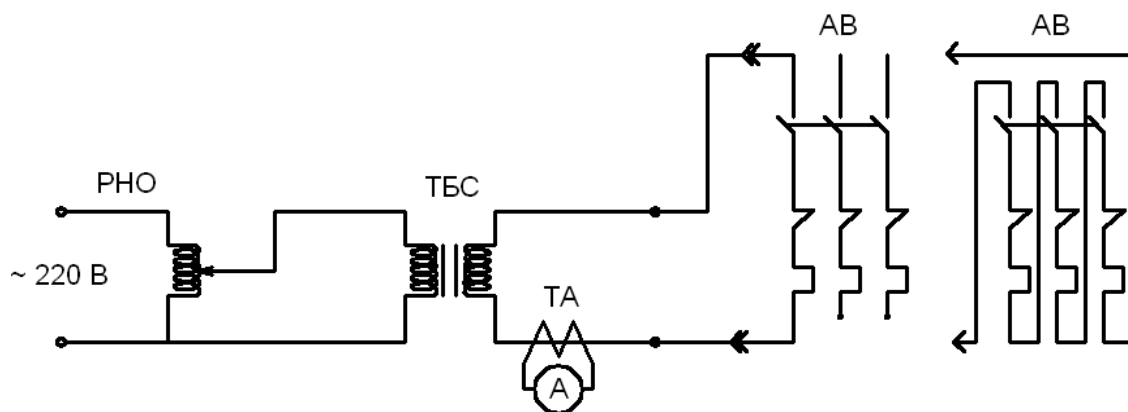
– сушильный шкаф ES-4620.

Имеющееся научное оборудование активно используется в образовательной деятельности при проведении лабораторных работ, выполнении курсовых работ, диссертационных исследований.

За последние пять лет более 10 выпускников адъюнктуры успешно защитили диссертационные работы, которые были подготовлены с использованием оборудования, составляющего материально-техническую базу ЦКП. Перечень направлений исследований достаточно широк. Ниже представлены некоторые из результатов, полученные адъюнктами университета.

Исследование аварийных режимов работы в электрических сетях и электрооборудовании позволило получить новые данные по взаимному расположению индивидуальных времятоковых характеристик однополюсных автоматических выключателей бытового назначения серии ВА47-29 (номинальные токи расцепителей 16, 20, 25 и 32 А) с характеристикой расцепления *C* следующих фирм-производителей: ЭФ, ИЭК, ЭТП, Полус и Moeller в диапазоне сверхтоков кратностью от 1,45 до 10 номинального значения [1].

Для проведения экспериментальных исследований использовалась установка, принципиальная схема которой представлена на рисунке 1.



AB – испытуемый автоматический выключатель; *PHO* – однофазный автотрансформатор;
TBC – понижающий трансформатор; *TA* – трансформатор тока; *A* – амперметр

Рисунок 1. – Принципиальная схема установки для испытания расцепителей

В процессе исследований впервые экспериментально установлено, что из-за разброса времятоковых характеристик однополюсных автоматических выключателей бытового назначения при одинаковых паспортных номинальных токах расцепителей время полного отключения аппаратов защиты разных фирм-производителей отличается в зависимости от значения кратности сверхтока в несколько раз. Максимальное различие времени полного отключения испытанных аппаратов защиты составляет 100,7 с (4,3 раза). Выявленный разброс характеристик отключения способен привести к существенному нагреву изоляции защищаемого кабельного изделия выше предельно допустимой температуры и не соответствует, таким образом, условию обеспечения пожарной безопасности.

Из проведенных экспериментальных исследований вытекает, что наибольшую пожарную опасность для кабельных изделий представляют небольшие по величине токи перегрузки, которые попадают в область работы тепловых расцепителей автоматических выключателей, выдерживающих значительное превышение температуры кабельного изделия выше предельно допустимой [2].

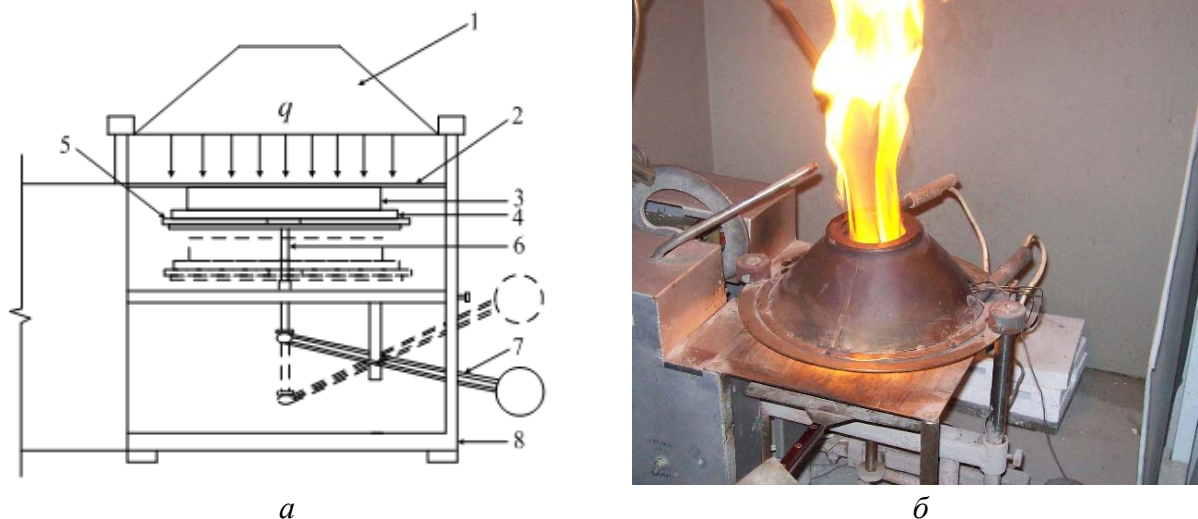
Соответствие аппаратов защиты требованиям проверочного расчета (путем сопоставления ВТХ) позволяет адекватно оценить защиту кабельных изделий от пожароопасного режима работы при протекании электрического тока и повысить пожарную безопасность электрической сети. Данное положение было практически реализовано в требованиях технических нормативных правовых актов Республики Беларусь.

С использованием научного оборудования ЦКП проводились исследования стационарного нагрева изолированного проводника с током при открытой прокладке, в т. ч. и в трубах. Полученные экспериментальные данные позволили подтвердить адекватность разработанной математической модели нагрева проводника при протекании электрического тока [3]. Полученную зависимость можно использовать для проведения инженерных расчетов по определению температуры нагрева токоведущей жилы кабельного изделия при различных нагрузках, а также для уточнения длительно допустимых токовых нагрузок проводников.

Также с помощью установки, представленной на рисунке 1, изучению подверглись болтовые электрические контактные соединения как наиболее часто применяемые виды соединений при электрификации жилого сектора. Проведенные исследования показали, что при соблюдении требований технических нормативных правовых актов к выбору типа контактного соединения и усилию его зажатия, а также при аварийных режимах работы («плохой контакт») нагрев проводника и контактного соединения остается в пределах допустимых значений.

мой температуры. Данная ситуация характерна для работы проводников при номинальных нагрузках с электрическим контактным соединением, выполненным в виде наложения одного проводника на другой, без скруток, паяк, болтовых соединений и т. п. Однако в случаях, когда нагрузка, приложенная к проводнику, превышала номинальную в 1,5–2 раза, наблюдался интенсивный рост температуры в местах контактного соединения, что может привести к возникновению пожара. Данный факт свидетельствует о необходимости дальнейших исследований вольтамперных характеристик электрических контактных соединений для существующих установочных изделий [4].

Исследование горючих материалов. В лаборатории университета проведен комплекс экспериментальных исследований по выявлению закономерностей прогрева и воспламенения лесного горючего материала в виде мха, лишайника и опада сосновой хвои под воздействием тепловой нагрузки (рис. 2).



1 – радиационная панель с нагревательным элементом; 2 – защитная плита с отверстием в центре, $d = 150$ мм; 3 – кольцо из асбеста для расположения образца; 4 – асбестоцементный лист; 5 – держатель образца; 6 – передвижная платформа; 7 – рычаг с противовесом; 8 – опорная станина в сборе

Рисунок 2. – Схема экспериментальной установки (а) и фрагмент проведения исследования процесса прогрева и воспламенения лесного горючего материала (б)

Установлены закономерности формирования температурного поля в слое испытуемого горючего материала, а также зависимости времени воспламенения материала от плотности воздействующего теплового потока. Получены значения критической тепловой нагрузки (минимальное значение поверхностной плотности теплового потока, при котором возникает устойчивое пламенное горение) для различных видов лесного горючего материала в диапазонах его влажности и плотности, отвечающих природно-климатическим условиям Беларуси. Результаты исследований позволили осуществить численное моделирование процессов прогрева и воспламенения напочвенного покрова леса и выработать подходы по совершенствованию пожарно-профилактических мероприятий в лесных массивах Беларуси [5, 6].

Одним из новых направлений исследований, проводимых в ЦКП, является комплексная оценка температуростойкости и огнестойкости композитных материалов, армированных стекловолокном, на основе изофталевой смолы. Осуществлена серия экспериментальных исследований по моделированию воздействия как открытого пламени, так и источника излучения на образцы композитного материала [7]. На основе проведенных исследований разработаны экспериментальные образцы с огнезащитой для оценки огнестойкости. Композитные строительные материалы на основе полиэфирных смол являются новыми, поэтому для каждого вида экспериментального исследования были использованы существующие методики с дополнениями, предложенными автором. Дополнение базовых методик испытаний обеспечило получение значительного количества данных, позволяющих оценивать поведение композитных материалов при повышенных температурах.

Исследование огнестойких материалов. Для аналитических исследований качественного и количественного состава элементов в полиэфирном материале использовался атомно-эмиссионный спектрометр на индуктивно-связанной плазме модели ICP2060T.



Рисунок 3. – Общий вид спектрометра модели ICP-2060T

С целью проведения научных исследований (рис. 3) была разработана методика препарирования полимерных материалов с модифицирующим слоем замедлителя горения. Методом атомно-эмиссионной спектроскопии определено относительное массовое содержание ряда элементов (Al, Sn, Fe, Mg, Ca) как в самом антипирене, так и в обработанных им полиэфирных волокнистых материалах. В результате проведенных исследований было выявлено, что количественный элементный состав антипирена и огнезащитного слоя на полимерной поверхности существенно отличается [8].

В самой огнезащитной композиции в большом количестве присутствуют элементы Mg (44,9–47,4 %) и Ca (31,9–39,2 %). Однако в результате ступенчатой огнезащитной обработки полиэфирного материала содержание элемента Mg уменьшилось в 11–13 раз, а Ca – в 15–19 раз. При этом в слое на поверхности полиэфира наблюдается возрастание таких элементов, как Fe – в 3,5 раза и Al – в 1,5 раза. Эти данные подтверждают предположения исследователя об особой роли соединений многовалентных металлов в огнезащитных композициях. Полученные данные позволяют более детально изучить влияние химического и гранулометрического составов аммонийно-фосфатных неорганических замедлителей горения на их способность взаимодействовать с активирующим слоем наноразмерных частиц соединений Sn(II) на полимерной поверхности.

В исследованиях, посвященных обеспечению устойчивой огнезащиты текстильных полиэфирных материалов, проанализирован химический состав зарубежных огнезащитных композиций, широко применяемых в производстве на территории Республики Беларусь [9]. Анализируя полученные результаты спектрального анализа о массовом соотношении элементов в объеме композиции, установили, что в зарубежных огнезащитных составах (например, композиции Afflamit компании THOR, Pekoflame компании Clariant) присутствуют высокотоксичные элементы, в том числе и бром. Этот элемент композиции при высокотемпературном пожаре достаточно опасен для человека. В основу синтезируемого в Университете нового состава принципиально были выбраны элементы, не представляющие угрозу для жизни и здоровья людей. Проанализировав качественный и количественный состав огнезащитных композиций, скорректировали рецептуру огнезащитной композиции. В перспективе это позволит снизить количество активных ингибиторов горения и повысить конкурентоспособность разрабатываемого продукта и его безопасности.

Для получения огнестойких композиционных материалов на основе полиамида-6 и нетоксичных неорганических антипиренов при помощи установки для дифференциально-термического и термогравиметрического анализа «Термоскан-2» было проведено исследование дифференциальных тепловых эффектов превращений, которые протекают при термоллизе огнезащитных композиций, представляющих собой фосфаты и полифосфаты различного состава и способа синтеза белорусского и зарубежного производства (АН-1; АН-2; АН-3; Pekoflam TC 503; Pekoflam TC 303; Pekoflam TC 203; JLS APP 101; Exolit AP 760; Exflam APP 201; PNP 1D).

В дальнейшем сопоставление экспериментальных данных и результатов визуального наблюдения при нагреве огнезащитных композиций позволило более детально описать процесс деструкции исследуемых замедлителей горения [10].

Заключение. Создание ЦКП позволит работникам и обучающимся Университета, а также сторонним организациям всех форм собственности проводить научные исследования, измерения и испытания, выполнять научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, в том числе по разработке новых и совершенствованию существующих методов измерений и анализа, новых составов и материалов.

Использование научного оборудования ЦКП позволит обеспечить единство и достоверность измерений при проведении научных работ, организовать повышение квалификации исследователей, а также привлекать молодых ученых с целью развития функционирующих научных школ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аушев, И.Ю. Обеспечение пожарной безопасности электропроводок напряжением 220 В / И.Ю. Аушев, П.В. Максимов // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2014. – № 2 (36). – С. 105–112.
2. Аушев, И.Ю. Предотвращение пожароопасного действия электрического тока в электропроводках напряжением 220 В / И.Ю. Аушев // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 73–81.
3. Дмитриченко, А.С. Исследование стационарного нагрева изолированного проводника с током при открытой прокладке в трубах / А.С. Дмитриченко, С.Ю. Яновский, Н.И. Чайчиц // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 141–148.
4. Сороко, Д.М. Обеспечение пожарной безопасности электрических контактных соединений / Д.М. Сороко // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2009. – № 2 (10). – С. 47–51.
5. Гоман, П.Н. Методика расчета пространственно-временных параметров противопожарных барьеров лесных низовых пожаров / П.Н. Гоман // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 57–61.
6. Гоман, П.Н. Рекомендации по созданию противопожарных барьеров лесных низовых пожаров для аномально засушливых периодов / П.Н. Гоман // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2013. – № 2 (18). – С. 62–65.
7. Кудряшов, В.А. Результаты экспериментальных исследований огнестойкости полимерных композитных материалов, армированных стекловолокном / В.А. Кудряшов, А.С. Дробыш, А.М. Соловьянчик // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2015. – № 1 (21). – С. 17–24.
8. Влияние состава неорганических замедлителей горения, хемосорбированных на полиэфирном волокнистом материале, на закономерности его термодеструкции / В.В. Богданова [и др.] // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2016. – № 1 (23). – С. 4–12.
9. Получение оптимального состава травильной композиции для полиэфирных материалов методом математического планирования эксперимента / В.В. Богданова [и др.] // Вестник Университета гражданской защиты МЧС Беларуси. – 2018. – Т. 2, № 1. – С. 45–52.
10. Рева, О.В. Исследование закономерностей термодеструкции азот-фосфорсодержащих замедлителей горения, применяемых для огнезащиты полиамида-6 / О.В. Рева, Д.В. Криваль // Полимерные материалы и технологии. – 2018. – Т. 4, № 2. – С. 77–84.

RESEARCH ACTIVITIES OF THE CENTER FOR COLLECTIVE USE OF UNIQUE SCIENTIFIC EQUIPMENT AT THE UNIVERSITY OF CIVIL PROTECTION OF THE MES OF BELARUS

Andrei Kamluk, PhD in Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor

Igor Aushev, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Anton Drobysh

Dzianis Kryval

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

Purpose. The article is devoted to the functioning of the Center for collective use of scientific equipment of the university. This publication outlines the main goals and objectives of the Center, the directions of its research. The information on the available equipment is provided, and the scientific results of its use are presented.

Methods. Measurement of time-current characteristics of protection apparatuses and cable products, investigation of the effects of thermal radiation, synthesis of flame retardant compositions.

Findings. Fire safety of cable products can be ensured only by comparing the time-current characteristics of protection apparatuses and electrical conductors. The values of the critical heat load for various types of forest fuel in the ranges of its humidity and density are established. The flame retardant composition safe for human life and health has been synthesized.

Application field of research. The reliability of protection of cable products from fire hazardous mode of operation during the flow of electric current. The fire safety of the electrical network is assessed. The research has allowed to conduct numerical modeling of the heating and ignition of the ground cover of the forest and to develop approaches to improve fire prevention measures in the forests of Belarus. The flame retardant will reduce the number of active flame retardants and increase the safety and competitiveness of the product being developed.

Conclusions. The use of scientific equipment of the Center for Collective Use will ensure the unity and accuracy of measurements when conducting research, improving the qualifications of researchers, and attracting young scientists to develop functioning scientific schools.

Keywords: center of collective use, scientific equipment, research and developmental works.

(The date of submitting: October 19, 2018)

REFERENCES

1. Aushev I.Yu., Maksimov P.V. Obespechenie pozharnoy bezopasnosti elektroprovodok napryazheniem 220 V [Ensuring the fire safety of electrical wiring with a voltage of 220 V]. *Chrezvychaynye situatsii: preduprezhdenie i likvidatsiya*, 2014. No. 2 (36). Pp. 105–112. (rus)
2. Aushev I.Yu. Predotvrashchenie pozharoopasnogo deystviya elektricheskogo toka v elektroprovodkakh napryazheniem 220 V [Prevention of the fire hazard of electric current in 220 V electrical wiring]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 73–81. (rus)
3. Dmitrichenko A.S. Issledovanie statsionarnogo nagreva izolirovannogo provodnika s tokom pri otkrytoy prokladke v trubakh [Study of stationary heating of insulated conductor with current with open laying in pipes]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 141–148. (rus)
4. Soroko D.M. Obespechenie pozharnoy bezopasnosti elektricheskikh kontaktnykh soedineniy [Ensuring fire safety of electrical contact connections]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2009. No. 2 (10). Pp. 47–51. (rus)
5. Goman P.N. Metodika rascheta prostranstvenno-vremennykh parametrov protivopozharnykh bar'erov lesnykh nizovykh pozharov [The method of calculating the spatial-temporal parameters of fire barriers of forest ground fires]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2013. No. 2 (18). Pp. 57–61. (rus)
6. Goman P.N. Rekomendatsii po sozdaniyu protivopozharnykh bar'erov lesnykh nizovykh pozharov dlya anomal'no zasushlivykh periodov [Recommendations for the creation of fire barriers of forest ground fires for abnormally dry periods]. *Vestnik Komandno-inzhenernogo instituta MChS Respubliki Belarus'*. 2013. No. 2 (18). Pp. 62–65. (rus)

7. Kudryashov V.A. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy ognestoykosti polimernykh kompozitnykh materialov, armirovannykh steklovoloknom [The results of experimental studies of fire resistance of polymer composite materials reinforced with glass fiber]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2015. No. 1 (21). Pp. 17–24. (rus)
8. Reva O.V., Bogdanova V.V., Nazarovich A.N., Shukelo Z.V. Vliyanie sostava neorganicheskikh zamedliteley goreniya, khemosorbiruyemykh na poliefirnom voloknistom materiale, na zakonomernosti ego termodestruktsii [Influence of the composition of inorganic flame retardants, chemisorbed on polyester fiber material, on the patterns of its thermal destruction]. *Vestnik Komandno-inzhenerenogo instituta MChS Respubliki Belarus'*, 2016. No. 1 (23). Pp. 4–12. (rus)
9. Reva O.V., Luk'yanov A.S., Arestovich D.N., Bogdanova V.V., Platonov A.S. Poluchenie optimal'nogo sostava travil'noy kompozitsii dlya poliefirnykh materialov metodom matematicheskogo planirovaniya eksperimenta [Getting the optimal composition of the etching composition for polyester materials by the method of mathematical planning of the experiment]. *Vestnik Universiteta grazhdanskoy zashchity MChS Belarusi*, 2018. Vol. 2, No. 1. Pp. 45–52. (rus)
10. Reva O.V. Issledovanie zakonomernostey termodestruktsii azot-fosforsoderzhashchikh zamedliteley goreniya, primenyaemykh dlya ognezashchity poliamida-6 [Study of the patterns of thermal decomposition of nitrogen-phosphorus-containing flame retardants used for fire protection of polyamide-6]. *Polimernye materialy i tekhnologii*, 2018. Vol. 4, No. 2. Pp. 77–84.