

УДК 614.84:620.3

## **ПРИМЕНЕНИЕ НАНОТЕХНОЛОГИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ**

**Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук;**

**Д.Е. Завьялов, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрено обеспечение исполнения требований законодательства в области пожарной безопасности в период оптимизации, реформирования и совершенствования работы контрольно-надзорных органов МЧС России. Приведен перечень отдельных нанопроектов, перспективных с точки зрения использования в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. Проанализирована взаимосвязь реализации инновационных научных достижений и совершенствования методов и способов эффективного функционирования контрольно-надзорных органов МЧС России. Сделан вывод о необходимости постоянного совершенствования уже созданных наноматериалов и нанотехнологий.

*Ключевые слова:* нанотехнологии, наноматериалы, нанометровый масштаб, световые датчики, наноаккумулятор, нанопокрyтия, эпиламы

## **APPLICATION OF NANOTECHNOLOGIES IN ENSURING FIRE SAFETY OF SUBJECTS TO PROTECTION**

T.A. Kuzmina; D.E. Zavyalov.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Ensuring compliance with the requirements of the legislation in the field of fire safety during the period of optimization, reform and improvement of the work of the supervisory bodies of Emercom of Russia was considered. A list of individual nanoprojects promising for use in the field of fire safety of protection facilities is given. The relationship between the implementation of innovative scientific achievements and the improvement of methods and ways of effective functioning of control and supervisory bodies of Emercom of Russia has been analyzed. It was concluded that it is necessary to constantly improve the already created nanomaterials and nanotechnologies.

*Keywords:* nanotechnologies, nanomaterials, nanometer scale, light sensors, nanoaccumulator, nanocoverings, epilama

Деятельность контрольно-надзорных органов МЧС России направлена на обеспечение исполнения требований законодательства в области пожарной безопасности<sup>1</sup>. Оптимизация, реформирование и совершенствование работы данных структур направлены на предупреждение и исключение в дальнейшем нарушений требований пожарной безопасности гражданами, что является гарантом безопасности жизни и здоровья населения, а также сохранности имущества. Для реализации подобных мероприятий контрольно-надзорными органами МЧС России создаются целые системы механизмов, при правильной организации которых обеспечивается пожарная безопасность объектов защиты [1].

---

<sup>1</sup>О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (с изм. и доп.).

Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (с изм. и доп.).

Актуальность исследования данной статьи заключается в тесной взаимосвязи между возможностями совершенствования методов и способами деятельности контрольно-надзорных органов МЧС России при обращении к последним достижениям научных разработок.

Огромный интерес в настоящее время проявляется к структурам нанометрового масштаба, составляющих основу нанотехнологических достижений в различных видах деятельности, поскольку они способны проявлять уникальные качества и, как следствие, представляют собой перспективу совершенствования будущих разработок.

### **Нанотехнологии, которые в перспективе могут эффективно использоваться в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты**

В настоящее время уже разработано большое количество нанопроектов, требующих доработок и совершенствования, часть из которых уже достаточно близка к производству.

Рассмотрим наиболее существенные нанодостижения, играющие значимую роль в осуществлении деятельности в области обеспечения пожарной безопасности и работы контрольно-надзорных органов МЧС России.

Одним из таких проектов является создание датчика взрывоопасных газов (рис. 1).



Рис. 1. Датчик взрывоопасных газов

Для структур МЧС России данная разработка представляет особую значимость, поскольку датчик интенсивно используется в зонах техногенных катастроф и аварий, в том числе на предприятиях повышенного уровня опасности.

Наблюдательный совет «Роснано» одобрил выпуск малогабаритных датчиков, государственная корпорация «Роснано» проинвестировала выпуск готовой продукции. Особая уникальность разработки состоит в применении полупроводниковых поликристаллических нанонаслоев при поточном изготовлении первоисточника излучения и фотогоальванических приемников, представляющих собой сердцевину датчика.

Созданный проект включил в себя программу создания сразу трех видов датчиков для установки в стационарных и портативных анализаторах газа, способных своевременно обнаруживать наличие взрывоопасных газов. Такие приборы крайне востребованы для обеспечения оптимального уровня пожарной безопасности в различных областях промышленности: угольной, нефтехимической, нефтегазовой, а также жилищно-коммунальном хозяйстве, и в том числе способствуют облегчению контроля со стороны

контрольно-надзорных органов МЧС России по соблюдению надлежащего уровня пожаробезопасности [2].

Массовое производство на промышленном уровне таких датчиков способствует избавлению от проблем в использовании, а именно:

– сложность использования во влажной среде;

– невозможность бесперебойного использования прибора в силу необходимости периодической зарядки элементов питания.

Инфракрасный оптический датчик обладает высокоскоростным реагированием, около 5,5 сек., в отличие от уже имеющихся, со скоростью реакции примерно 10 сек. Этот прибор способен к работе в условиях высокой влажности, а также при полном отсутствии кислорода, что крайне важно при аварийно-спасательных работах (АСР) в условиях пожара. Датчик отличается от аналогичных агрегатов прошлого поколения низким уровнем электропотребления, что позволяет ему быть востребованным на отечественном и даже мировом рынке, так как этот нанопроduct имеет значительный экспортный потенциал [3].

Было решено проинвестировать этот проект в объеме 571,5 млн руб. В процессе разработки принимала участие такая известная компания по производству высокочувствительных датчиков, как «Alphasense», которая также выделила 1,5 млн фунтов стерлингов на разработку направлений сбыта готовой продукции (компания в том числе занимается изготовлением полупроводниковых, каталитических, а также оптических и электрохимических датчиков фотоионизационных детекторов). Одним из крупнейших изготовителей газоанализаторов является ООО «ЭМИ», деятельность которого заключается в разработке и производстве анализаторов газа как воздушной, так и водной среды, также принявшего непосредственное участие в совершенствовании нанодатчиков нового поколения, ставших неотъемлемой частью при обеспечении пожарной безопасности населения и промышленных объектов [4].

Следующий нанопроduct, заслуживающий отдельного внимания, это сверхтвердые режущие инструменты и другие высокопрочные материалы, обладающие эффектом памяти формы, производящиеся на основе никелида титана. Все эти приборы имеют прямое назначение в процессе осуществления АСР. В условиях манипуляций при пожаре свойства таких материалов являются крайне выгодными и удобными.

В первоначальном состоянии изделие представляет собой правильную структуру. В процессе деформации внешняя сторона изделия вытягивается, а внутренняя сжимается. В условиях нагревания проявляется термоупругость пластин, которая направлена на возвращение изделия в первоначальное состояние. В итоге внутри материала происходит автодеформация в противоположную сторону, что и способствует возврату материала в исходное состояние при охлаждении металла, обладающего подобными свойствами.

Интенсивность эффекта памяти формы напрямую зависима от марочных характеристик полученного сплава с определенным химическим составом. Свойство эффекта памяти способно сохраняться несколько миллионов циклов. Передовым сплавом, обладающим эффектом памяти, является никелид титана. Состав этого эквиатомного интерметаллида – 55 массовых процента никеля. Температура его плавления составляет 1 240–1 310 °С. Первоначальная структура представлена кубической решеткой, которая при деформации в условиях повышенных температур имеет особенность мартенситного превращения. Именно это уникальное свойство предопределило широкое использование режущих инструментов из никелида титана в условиях высоких температур [5].

Еще одно достижение нанотехнологии в области обеспечения пожарной безопасности – светодиодная техника (рис. 2).

Подобное изобретение имеет прямое значение при работе МЧС России в условиях АСР.

Светодиоды представляют собой абсолютно новый вид источника света, выполненного из полупроводниковых элементов. Один и тот же кристаллик способен излучать свет абсолютно разной палитры, определяемый шириной зоны в полупроводнике.

У каждого полупроводника имеется своя индивидуальная ширина зоны его слоя. Таким образом, можно устанавливать цвет, необходимый в определенных обстоятельствах.



Рис. 2. Сверхъяркие светодиоды с силой света 10–15 тыс. кандел

Широкое применение светодиоды получили в различных областях промышленности. В том числе они используются для оснащения пожарной сигнализации. В силу своих небольших размеров, они легко встраиваются в самые маленькие элементы пожарного оборудования, не требуют периодической подзарядки и способны работать в режиме подключения достаточно длительное время [6].

Светодиодные лампочки очень трудно разрушить, они используются в фонарях, эксплуатирующихся во время пожаров или задымления. Подобное устройство способно светить в любую погоду, при различном диапазоне температур и при любой влажности, оно быстро включается, не подвержено поломкам и выходу из строя, что крайне важно в условиях экстренных работ.

Следующий нанопроduct, заслуживающий внимания – это реметаллизанты, которые благодаря своим уникальным свойствам способны продлевать срок службы пожарного оборудования и спецтехники. Этот продукт представлен ионной добавкой в виде порошка к топливно-смазочным материалам. Используя эффект переноса при трении эти присадки металлоплакируют трущиеся поверхности деталей механизмов, в результате чего износостойкость увеличивается в несколько сотен раз. RESURS Next – одна из новейших разработок нашего поколения. Наночастицы этой присадки, представляющие собой сплав серебра, меди и олова, невероятно малы и активны, способны к непрерывному процессу восстановления деталей механизмов [7].

Нанопокрyтия (эпиламы) предназначены для увеличения коррозионной износостойкости механизмов, защите от влаги, температур, пыли и радиации, для предотвращения разрушения поверхностей механизмов с помощью нанотехнологий молекулярных пленок – уникальная возможность защиты пожарного оборудования и спецтехники.

Эпилам представляет собой состав, который наносится на защищаемую поверхность. После испарения растворителя на мареале остается молекулярная пленка, которая обладает свойством защиты, то есть срок эксплуатации оборудования продлевается.

В настоящее время совершенствование в области создания уникальных эпилам предполагает ряд комплексных исследований с учетом условий конкретизированной

ситуации, определяющей необходимость создания сплошной или несплошной пленки, либо мозаичной структуры при работе в условиях низких температур.

При покрытии тонкой пленкой твердых тел образуются слои ориентированных молекул, изменяющие общие свойства обрабатываемой поверхности. При этом увеличиваются триботехнические свойства деталей. Структура противозносного процесса слоя определяется упорядоченностью среды смазочного материала. Вследствие чего несущая способность пленки усиливается, а коэффициент трения уменьшается [8].

На сегодняшний день эпиламы широко используются при производстве механизмов, деталей, радиотехнических и электронных устройств пожарной техники, а также при производстве металлорежущего инструмента высокой прочности. Однако возможности покрытий эпилам до сих пор не изучены достаточно глубоко для их использования в еще более широком масштабе. Различные виды смазочных композиций предназначены для восстановления узлов и агрегатов аварийно-спасательных машин и спецтехники.

Наноаккумуляторы представляют собой отдельный продукт достижений современных технологий, который играет далеко не последнюю роль и в области пожарной безопасности. Этот агрегат обладает малым током саморазряда, а также, несмотря на небольшие размеры, имеет повышенную емкость [9].

Кремний обладает способностью удерживать внутри себя лития в 10 раз больше в сравнении с обычным аккумулятором, что предполагает наличие наибольшей плотности энергии на аноде, способствующее значительному снижению массы используемого аккумулятора. В ближайшее время прогнозируется увеличение площади поверхности анода, что приведет к значительному ускорению зарядки и разрядки аккумулятора.

Начальные исследования, проведенные на кремниевом аноде, не приводили к положительным результатам вследствие способности кремния растрескиваться и тем самым выводить анод из работоспособного состояния. Нанопроводник не имеет подобных недостатков, что значительно облегчает работу с ним. Для получения максимальной плотности хранения агрегата необходимо усовершенствовать анод путем эквивалентного изменения катода.

Уникальность созданного наноаккумулятора заключается в наличии нанокompозитного слоя, представленного двумя компонентами, которые объединяет механическая смесь. Металлический магний (первый компонент) находится в форме нанокристаллов, а специальный полимер (вторая составляющая) выполняет функцию однородной среды, которая содержит в себе элементы магния. Схематично подобное устройство показано на рис. 3.

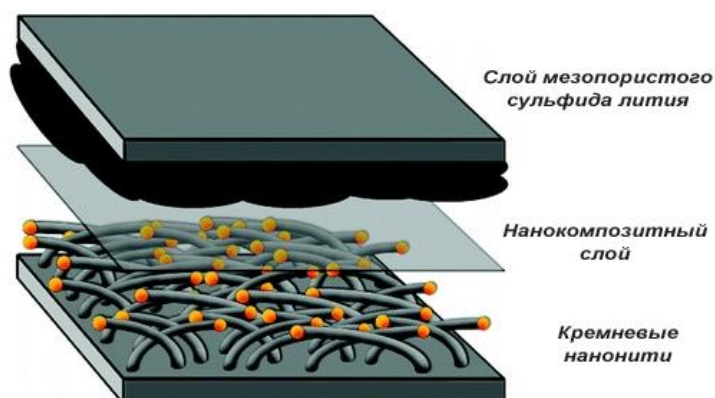


Рис. 3. Наноаккумулятор с использованием нанокompозитного слоя

Еще одно значительное преимущество данной разработки заключается в его относительной дешевизне, так как в его производстве не используются катализаторы, ранее используемые в агрегатах на водородном топливе.

Наноаккумуляторы относят к одним из важнейших достижений при использовании в специальной технике пожаротушения.

В настоящее время ученые работают над вопросом возможности увеличения емкости до уровня, превышающего 6 % от массы наноаккумулятора.

В исследовании возможностей нанотехнологий в обеспечении пожарной безопасности нельзя не остановиться на новейшей разработке капсулирования газового огнетушащего вещества.

Рассмотрим две группы газов:

– инертные газы, обладающие способностью исключения попадания кислорода в зону горения;

– хладоны, которые интенсивно снижают температуру в области пожара до уровня, когда процесс горения становится невозможным.

Принцип действия этой технологии заключается в поступлении газовой смеси на объект возгорания, которая обладает рядом свойств:

– замедление реакции горения;

– уменьшение температуры в области очага возгорания;

– исключение возможности проникновения кислорода к месту пожара.

Газ достаточно быстро способен заполнить объем всего помещения и не зависит от наличия перегородок или сложности планировки. Правильная организация и выбор средств пожаротушения позволяет устранить очаги возгорания за 30 сек. и менее. Что немаловажно, при таком способе устранения пожара документы, мебель и другие предметы, находящиеся в помещении, не подвержены порче.

Изобретение солнечных модулей электрических конструкций, а также каскадные солнечные элементы позволили аварийно-спасательным группам работать электрическими инструментами в условиях отсутствия стационарных источников питания, что значительно облегчило работу пожарных и спасателей.

Сегодня огромное количество сил и времени ученых направлено на разработку наноматериалов при изготовлении спецодежды для специалистов МЧС России. Материал было решено изготавливать методом механохимического синтеза. Ткани для изготовления спецодежды сотрудников пожарных расчетов металлизированы в своей основе. Хитозановое волокно является базовым при пошиве одежды для пожарных и спасателей, а также персонала медицины катастроф.

Проанализировав существующие наноразработки в области обеспечения пожарной безопасности и работы контрольно-надзорных органов МЧС России, можно с большой долей уверенности констатировать, что на данном этапе развития новых технологий необходимо грамотное формирование потребителей нанотехнологий в будущем, которые смогут обеспечить максимально эффективное использование произведенного продукта.

Необходимо постоянное совершенствование уже созданных наноматериалов и нанотехнологий. Крайне важна разработка принципиально новых наноматериалов, которые будут способны усилить приоритеты в области обеспечения пожарной безопасности объектов защиты [10], обеспечение глубоких детальных исследований в области применения продуктов нанотехнологии в специализированной технике пожаротушения.

Для достижения максимальных результатов в области совершенствования нанотехнологий необходимо обеспечение исследовательской инфраструктуры новейшим приборным оснащением, современными инструментами и приборами. Возможность доступа персонала к синхротронным и нейтронным модулям позволит значительно повысить уровень исследовательских разработок в Российской Федерации.

Внедрение вышеизложенных исследовательских достижений существенно повысит уровень проведения АСР, способов и методов обеспечения пожарной безопасности объектов защиты.

### **Литература**

1. Завьялов Д.Е., Юнцова О.С., Зыбина О.А. Исследование элементов системы противопожарной защиты объектов (на примере огнезащитных вспучивающихся композиций на основе интеркалированного графита) // Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности. 2017. № 1. С. 35–42.
2. Balanyuk V.M. The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves // Safety & Fire Technique. 2017. Vol. 46. No. 2. P. 72–86.
3. Получение прозрачных проводящих нанокристаллических пленок оксида цинка методом импульсного лазерного осаждения / Е.Г. Замбург [и др.] // Фундаментальные исследования. 2012. № 11-2. С. 373–376.
4. Ковшов А.Н., Назаров Ю.Ф., Ибрагимов И.М. Основы нанотехнологий в технике. М.: МГОУ, 2006. 241 с.
5. Основы нанотехнологий и наноматериалов: учеб. пособие / Н.А. Азаренков [и др.]. Харьков: Нац. ун-т им. В.Н. Каразина, 2009. 69 с.
6. Грязнов С.Н., Малышев В.П. Обоснование предложений по дальнейшему развитию системы технического оснащения спасательных сил МЧС России на долгосрочный период // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. № 1 (8). С. 34–50.
7. Ageev O.A., Zamburg E.G., Mikhailichenko A.V., Ptashnik V.V. Temperature effect on the electrical properties of nanostructured ZnO and VOx films // Proc. of «Nano and Giga Challenges in Electronics, Photonics and Renewable Energy» Symposium and Summer School, Moscow-Zelenograd, Russia, 2011. September 12–16.
8. Lukaszczuk P. The Application of Nanotechnology in Fire Protection // Safety & Fire Technique. 2016. Vol. 42. No. 2. P. 95–102.
9. Выделение индикаторных пожарных газов при окислении угля на стадиях самонагрева и беспламенного горения / В.Г. Игишев [и др.] // Вестник научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2015. № 4. С. 55–59.
10. Анализ проблем возможного применения наноматериалов и нанотехнологий в интересах МЧС России / О.А. Медведев [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2014. № 1 (39). С. 62–67.

### **References**

1. Zav'yalov D.E., Yuncova O.S., Zybina O.A. Issledovanie elementov sistemy protivopozharnoj zashchity ob"ektov (na primere ognezashchitnyh vspuchivayushchihsya kompozicij na osnove interkalirovannogo grafita) // Nadzornaya deyatel'nost' i sudebnaya ekspertiza v sisteme bezopasnosti. 2017. № 1. S. 35–42.
2. Balanyuk V.M. The Increase of Fire Extinguishing Efficiency of Gas-Aerosol Binary Mixture Using Shock Waves // Safety & Fire Technique. 2017. Vol. 46. No. 2. P. 72–86.
3. Poluchenie prozrachnyh provodyashchih nanokristallicheskih plenok oksida cinka metodom impul'snogo lazernogo osazhdeniya / E.G. Zamburg [i dr.] // Fundamental'nye issledovaniya. 2012. № 11-2. S. 373–376.
4. Kovshov A.N., Nazarov Yu.F., Ibragimov I.M. Osnovy nanotekhnologij v tekhnike. M.: MGOU, 2006. 241 s.
5. Osnovy nanotekhnologij i nanomaterialov: ucheb. posobie / N.A. Azarenkov [i dr.]. Har'kov: Nac. un-t im. V.N. Karazina, 2009. 69 s.
6. Gryaznov S.N., Malyshev V.P. Obosnovanie predlozhenij po dal'nejshemu razvitiyu sistemy tekhnicheskogo osnashcheniya spasatel'nyh sil MCHS Rossii na dolgosrochnyj period // Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya. 2015. № 1 (8). S. 34–50.

7. Ageev O.A., Zamburg E.G., Mikhailichenko A.V., Ptashnik V.V. Temperature effect on the electrical properties of nanostructured ZnO and VOx films // Proc. of «Nano and Giga Challenges in Electronics, Photonics and Renewable Energy» Symposium and Summer School, Moscow-Zelenograd, Russia, 2011. September 12–16.

8. Lukaszczuk P. The Application of Nanotechnology in Fire Protection // Safety & Fire Technique. 2016. Vol. 42. No. 2. P. 95–102.

9. Vydelenie indikatornyh pozharnyh gazov pri okislenii uglya na stadiyah samonagrevaniya i besplamennogo goreniya / V.G. Igishev [i dr.] // Vestnik nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2015. № 4. S. 55–59.

10. Analiz problem vozmozhnogo primeneniya nanomaterialov i nanotekhnologij v interesah MCHS Rossii / O.A. Medvedev [i dr.] // Tekhnologii grazhdanskoj bezopasnosti. 2014. № 1 (39). S. 62–67.