

## БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

УДК 614.8

### ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЖАРООПАСНЫХ СВОЙСТВ ВЕЩЕСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДЕСКРИПТОРОВ

Д. С. Королев

*Предложен метод прогнозирования пожароопасных свойств веществ и материалов, обеспечивающий получение данных о веществе без проведения сложного эксперимента и больших финансовых затрат. Приведены результаты более ранних экспериментов с ароматическими сложными эфирами.*

**Ключевые слова:** прогнозирование свойств, алкидные смолы, дескриптор, синтез, пожароопасные свойства, ароматические сложные эфиры.

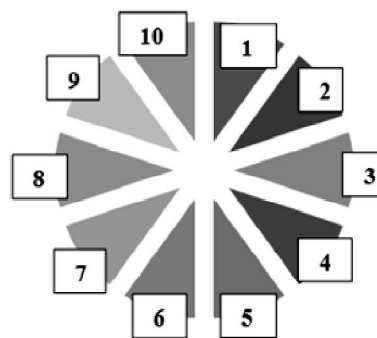
**Введение.** Количество известных органических соединений давно превысило 20 млн [1] и увеличивается каждый год на 250—300 тыс., поэтому прогнозирование свойств полученных веществ — задача трудоемкая, требующая проведение обширных экспериментов и соответствующих экономических затрат.

Одними из таких веществ являются высокомолекулярные химические соединения, к которым, в частности, относятся синтетические смолы. На рис. 1 представлена диаграмма с многообразием смол.

Смолы получают различными способами и применяются в различных отраслях промышленности. Например, для склеивания деревянных строительных конструкций и деталей применяют карбамидоформальдегидные типа КФС, фенолоформальдегидные смолы типа СФЖ-3014 и др. Стоит отметить, что данные типы синтетических смол схожи по своим структурам, но получают при различных условиях.

**Королев Денис Сергеевич**, преп. кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: pbtp.mchs@yandex.ru

### Синтетические смолы



- 1 - алкидные смолы
- 2 - карбамидоформальдегидные смолы
- 3 - фенолоформальдегидные смолы
- 4 - полиэфирные смолы
- 5 - эпоксидные смолы
- 6 - акриловые смолы
- 7 - мочевино-формальдегидные смолы
- 8 - мочевино-меланиновые
- 9 - мочевиновые
- 10 другие

Рис. 1. Виды синтетических смол

СЖР-3014 получают в результате поликонденсации фенола и формальдегида в присутствии гидроксид натрия при нагревании; КФС получается при взаимодействии карбамида с формальдегидом при температуре 80—90 градусов, при этом скорость нагрева должна составлять около 1 °/мин.

Синтез синтетических смол относится к потенциально опасным производствам. Возникновение аварийной ситуации на предприятиях может быть связано с различными опасностями: отравлением, взрывом, механическим разрушением оборудования или аппаратуры, выбросом реакционной массы, технологическим браком.

Согласно статистике пожаров, на производственных предприятий произошло около 2 595 пожаров, прямой материальный ущерб составил 1 730 748 000 рублей; в частности, только на химически опасных объектах Российской Федерации ежегодно происходит 80—100 аварий с выбросом АХОВ в окружающую среду.

Основными причинами возникновения аварий являются:

- износ аппаратов (как известно, средний возраст российских предприятий нефтехимии составляет более 60 лет [2]);
- несоблюдение требований пожарной безопасности.

Следовательно, все смолы, получаемые при помощи синтеза, обладают различными свойствами, а одним из потенциальных источников риска здоровью населения в отношении неучтенной химической опасности могут быть новые технологии.

В настоящее время экспериментально изучены пожароопасные свойства большого количества веществ. Наглядное изображение сложившейся проблемы и ее решение представлены на рис. 2.

Целью данного научного исследования является обоснование и разработка способа прогнозирования пожароопасных свойств синтетических смол с использованием дескрипторов.

**Прогнозирование пожароопасных свойств синтетических смол с использованием дескрипторов.** Существует методика, при помощи которой определяется температура вспышки различных веществ. Данный метод подразумевает проведение ряда подготовительных этапов, таких как подготовка аппаратуры, реактивов и материалов, подготовка образца и приборов, проведение самого испытания и затем уже обработка полученных результатов [3].

Если говорить более подробно об этапе испытания, то испытуемый образец помещают в тигл, начинают нагревать, перемешивать, измерять и т. д., что требует большого количества внимания, сил.

Поскольку синтез синтетических смол, как правило, предполагает точное представление о химическом строении обрабатываемых в производстве индивидуальных жидких веществ, в данной работе предложен способ расчета температуры вспышки

исключительно на основе сведений о химическом строении молекул таких веществ.

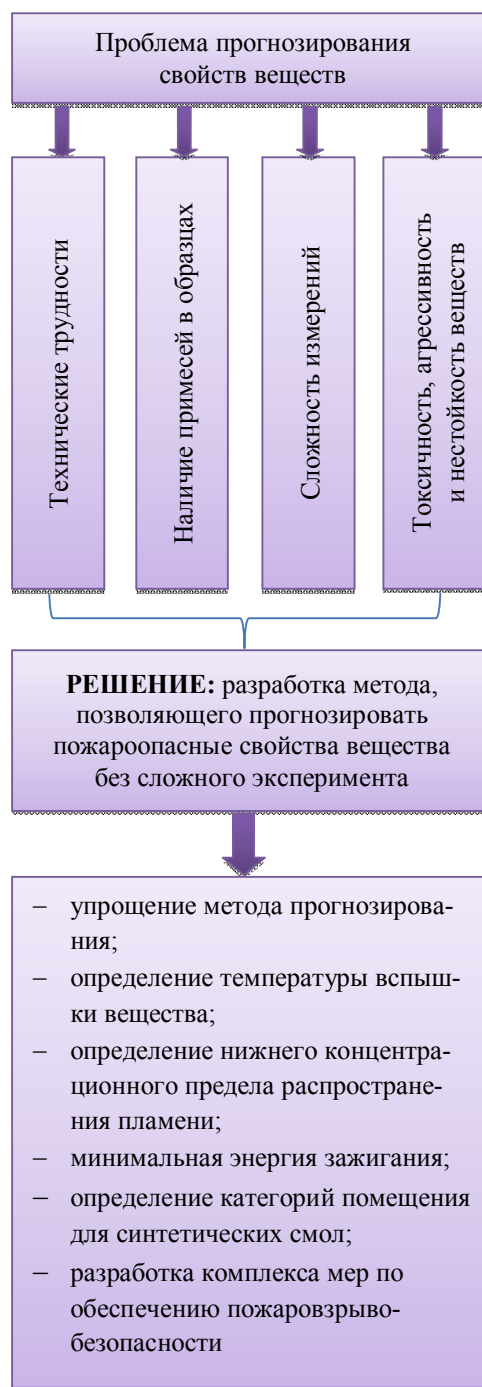


Рис. 2. Наглядное изображение проблемы

Метод прогнозирования температуры вспышки некоторых синтетических смол осуществляется только на основе сведений о дескрипторах для составляющих эти смолы молекул. Такой подход ранее использован в работе [4] для определения температуры вспышки представителей гомологического ряда предельных альдегидов и алкилацетатов.

Дескрипторы — это финальный результат логических и математических процедур, которые

трансформируют химическую информацию, закодированную в рамках символического представления молекулы, в полезное число или результат какого-либо стандартизированного эксперимента. Важнейшим элементом метода, использующего дескрипторы, является описание структуры химических соединений [5].

Молекулярная структура определяется тремя элементами [5]:

– конституцией, т. е. подразумевает определенный порядок и последовательность связывания атомов;

– конфигурацией, т. е. отражает трехмерное расположение атомов;

– конформацией, т. е. представляет термодинамическое стабильное положение валентно несвязанных атомов по отношению друг к другу.

При компьютерной обработке каждый из указанных трех элементов молекулярной структуры в настоящее время описывают с помощью целевой совокупности дескрипторов, которые коррелируют друг с другом.

В таблице приведены результаты прогнозирования, сведения об экспериментальных значениях заимствованы из справочников [6, 7].

Таблица

Вещество	Расчетная температура, °С	Справочная температура, °С	Погрешность, %
Этилбензоат	80	93	13
Амилсалицилат	138	132	6
Изобутилбензоат	109	99	10
Бензилсалицилат	177	167	10
Этилбензоилацетат	124	146	22
Этилбензоилбензоат	178	188	10

Рассматривая результаты, приведенные в таблице и полученные ранее при прогнозировании температуры вспышки ароматических сложных эфиров, можно сделать вывод о целесообразности применения данного метода в прогнозировании.

**Заключение.** Разработка способа прогнозирования пожароопасных свойств синтетических смол с использованием дескрипторов позволит избежать таких проблем, как технические трудности, сложности в измерениях, неточности в исходных данных, так как некоторые вещества могут содержать примеси, а также позволит защитить здоровье человека при использовании токсичных материалов.

Определение температуры вспышки позволит отчасти предполагать, к какой категории по взрывопожарной и пожарной опасности будет относиться то или иное помещение.

При определении минимальной энергии зажигания, зная температуру вспышки, можно анализировать электрооборудование, которое планируется использовать в конкретном помещении, и это оборудование не будет потенциальным источником зажигания.

Зная свойства вещества, можно проектировать подходящую к требованиям пожарной безопасности систему отопления.

Сведения, полученные о веществе в ходе прогнозирования, позволят снизить вероятность возникновения пожаров и взрывов на предприятиях (на предприятиях люди часто не обращают должного внимания на состояние тары, площадок и т. д.), а это снизит вероятность поражения человека опасными факторами пожара и величину пожарного риска.

## Библиографический список

1. **Кара-Мурза, Г.** Химическая энциклопедия / Г. Кара-Мурза, Т. А. Айзатулин. — М.: Химлит, 2007. — 585с.
2. **Поликарпов, В. В.** Повышение эффективности нефтехимических и производств за счет внедрения технологии по герметизации утечек под давлением [Электронный ресурс] / В. В. Поликарпов // Агентство стратегических инициатив. — ([http://www.asi.ru/upload\\_docs/Ustranenie\\_protetek\\_03-2013.pdf](http://www.asi.ru/upload_docs/Ustranenie_protetek_03-2013.pdf)). — (02.09.2013).
3. **ГОСТ 12.1.044-89.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. — Взамен ГОСТ 12.1.044-84, введ. 01.01.91. — М: Изд-во стандартов, 1991. — 120 с.
4. **Калач, А. В.** Особенности прогнозирования пожароопасных свойств органических веществ с приме-

## References

1. **Kara-Murza, G.** *Ximicheskaya e'nciklopediya* / G. Kara-Murza, T. A. Ajzatulin. — M.: Ximlit, 2007. — 585s.
2. **Polikarpov, V. V.** *Povyshenie e'ffektivnosti nefteximicheskix i proizvodstv za schet vnedreniya tehnologii po germetizacii utecek pod davleniem [E'lektronnyj resurs]* / V. V. Polikarpov // *Agentstvo strategicheskix iniciativ*. — ([http://www.asi.ru/upload\\_docs/Ustranenie\\_protetek\\_03-2013.pdf](http://www.asi.ru/upload_docs/Ustranenie_protetek_03-2013.pdf)). — (02.09.2013).
3. **GOST 12.1.044-89.** *Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov. Nomenklatura pokazatelej i metody ix opredeleniya*. — *Vzamen GOST 12.1.044-84, vved. 01.01.91*. — M: *Izd-vo standartov*, 1991. — 120 s.
4. **Kalach, A. V.** *Osobennosti prognozirovaniya požaropasnyx svojstv organicheskix veshhestv s primene-*

нением дескрипторов / А. В. Калач, Т. В. Карташова, Ю. Н. Сорокина, М. В. Облиенко // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. — 2012. — № 1. — С. 20—22.

5. **Раевский, О. А.** Свойства химических соединений и лекарств как функции их структуры / О. А. Раевский. — М., 2013. — 353 с.

6. **Корольченко, А. Я.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ.: в 2 ч. Ч. 1 / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пожнаука, 2004. — 713 с.

7. **Корольченко, А. Я.** Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ.: в 2 ч. Ч. 2. / А. Я. Корольченко, Д. А. Корольченко. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Пожнаука, 2004. — 774 с.

niem deskriptorov / A. V. Kalach, T. V. Kartashova, Yu. N. Sorokina, M. V. Oblienko // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. — 2012. — № 1. — S. 20—22.

5. **Raevskij, O. A.** Svoystva ximicheskix soedinenij i lekarstv kak funkcii ix struktury / O. A. Raevskij. — M., 2013. — 353 s.

6. **Korol'chenko, A. Ya.** Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov i sredstva ix tusheniya: sprav.: v 2 ch. Ch. 1 / A. Ya. Korol'chenko, D. A. Korol'chenko. — 2-e izd., pererab. i dop. — M.: Pozhnauka, 2004. — 713 s.

7. **Korol'chenko, A. Ya.** Pozharovzryvoopasnost' veshhestv i materialov i sredstva ix tusheniya: sprav.: v 2 ch. Ch. 2. / A. Ya. Korol'chenko, D. A. Korol'chenko. — 2-e izd., pererab. i dop. — M.: Pozhnauka, 2004. — 774 s.

## PREDICTION OF FIRE-DANGEROUS PROPERTIES OF SUBSTANCES USING DESCRIPTORS

**Korolev D. S.,**

Lecturer,

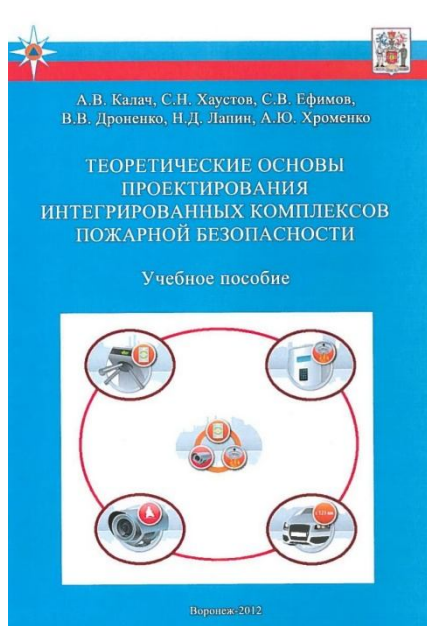
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, tel.: (473)236-33-05, e-mail: otrid@rambler.ru

*A complex approach to solving the problem of predicting the properties of flammable synthetic resins. This method avoids complex experiment and expedite the receipt of data on the substance. Knowing the properties of substances can ensure the preservation of human life and property through the use of a particular set of events.*

**Keywords:** forecasting properties, alkyd resins, descriptor, synthesis, flammable properties, aromatic esters.

## КНИЖНЫЕ НОВИНКИ



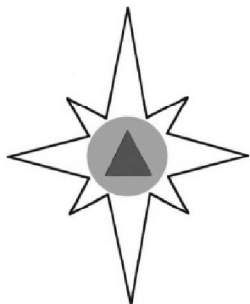
**Теоретические основы проектирования интегрированных комплексов пожарной безопасности:** учеб. пособие / А. В. Калач [и др.]. — Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2012. — 193 с.

*Авторский коллектив:* А. В. Калач, С. Н. Хаустов, С. В. Ефимов, В. В. Дроненко, Н. Д. Лапин, А. Ю. Хроменко

Учебное пособие составлено в соответствии с требованиями ФГОС ВПО подготовки инженеров по направлению 280705 — «Пожарная безопасность».

В удобной форме рассматривается современная концепция построения систем сигнализации. Изложены основные принципы построения интегрированного комплекса безопасности, его состав, назначение, технические и эксплуатационные характеристики, рассмотрены основы технической эксплуатации.





## БЕЗОПАСНОСТЬ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

УДК 614.841

### АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ЛОКАЛЬНОГО ВОЗГОРАНИЯ ПО ТЕМПЕРАТУРНОМУ ПОЛЮ В НЕВЕНТЕЛИРУЕМЫХ КРУПНОГАБАРИТНЫХ СКЛАДСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

С. В. Костыков, В. И. Ряжских

*Предложен алгоритм идентификации нестационарного температурного поля 3D, базирующийся на квазиполевой модели слабоконвективного теплообмена, что позволило сформулировать краевую задачу и численно проинтегрировать по маршевой конечно-разностной схеме уравнения модели с последующей возможностью определения продолжительности начальной стадии локального возгорания в замкнутых помещениях.*

**Ключевые слова:** пожар, локальное возгорание, модель, конечно-разностная схема.

**Введение.** Предупреждение пожароопасных ситуаций в складских помещениях на начальной стадии является одной из актуальных задач, которая имеет важное социально-экономическое значение [1]. Существующие нормативы жёстко привязаны к определенному классу объектов и носят интегральный характер, не учитывающий их индивидуальные особенности [2, 3]. В связи с этим в качестве перспективного инструментария оценки противопожарной защиты конкретных объектов выступает метод математического моделирования, который получил дальнейшее развитие как в нашей стране [4, 5], так и за рубежом [6, 7]. Применяемые при этом физические допущения по степени детализации приводят к трем типам детерминистических моделей: интегральных, зонных и полевых [8].

**Костыков Сергей Викторович**, начальник курса факультета инженеров пожарной безопасности, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: (473) 236-33-05, e-mail: kstyk@rambler.ru

**Ряжских Виктор Иванович**, д-р техн. наук, проф. кафедры высшей математики и физико-математического моделирования, Воронежский государственный технический университет; Россия, г. Воронеж, e-mail: ryazhskih@scientist.com

В этом ряду полевые модели являются наиболее полными и точными, т. к. базируются на фундаментальных законах явлений теплопереноса. Однако в силу возникающих неопределенностей из-за корректной постановки граничных условий, незаконченности теории турбулентных течений и, наконец, отсутствия эффективных численных процедур, не требующих за пределами допустимых объемов оперативной памяти компьютеров, полевые модели все еще остаются экзотическими.

Альтернативой полевым моделям являются так называемые квазиполевым модели [9], которые также базируются на законах переноса, тем не менее имеют более простую математическую структуру, являясь результатом физически оправданных допущений, касающихся гидротермической обстановки в зоне пожара. В данной работе именно с этих позиций делается попытка оценить в приближении кондуктивного теплопереноса с эффективным коэффициентом теплопроводности, учитывающим перемешивание среды, начальную стадию возгорания в замкнутом помещении складского типа.

**1. Физическая модель.** Рассматривается геометрическая модель складского помещения, имеющего форму параллелепипеда длиной  $h_1$ , шириной  $h_2$  и высотой  $h_3$ , без вентиляционных

трактов, т. е. отсутствует проточность наружным воздухом. Теплообмен боковых поверхностей осуществляется по закону Ньютона-Рихмана [10] с коэффициентом теплоотдачи от внешней стенки, определяемым свободноконвективным механизмом по известным эмпирическим зависимостям [11]. Таким же образом протекает теплообмен с потолочной поверхностью. При этом нижнюю поверхность считаем теплоизолированной. Толщиной несущих конструкций пренебрегаем, как и теплопотери в них. Предполагается, что источник избыточного тепла, имитирующего очаг возгорания, расположен на нижней стенке параллелепипеда, тепловая мощность которого определяется нестационарной характеристикой вида

$$t^*(\tau) = t_0^* [1 - \exp(-a\tau)], \quad (1)$$

где  $t_0^*$  — предельная температура тепловыделения, характеризующая физические аспекты процесса горения конкретного материала;  $a$  — кинетическая константа.

Пусть  $t^*(\tau) \ll t_0^*$ , т. е. процесс возгорания находится на стадии, когда конвективной составляющей теплообмена можно пренебречь.

**2. Математическая модель.** Сделанные допущения при синтезе физической модели позволяют перейти к построению математической модели, в основу которой положен закон Фурье [12] переноса теплоты с модификацией коэффициента теплопроводности:

$$\lambda = \varepsilon \lambda_0, \quad (2)$$

где  $\lambda_0$  — теплопроводность воздуха — продукты горения;  $\varepsilon$  — коэффициент конвекции, учитывающий движение макромасс газообразной среды в помещении. Такая модификация необходима для того, чтобы при небольших локальных градиентах температур учесть течение воздушных масс. При этом следует иметь в виду, что  $\varepsilon > 1$ .

Выберем декартову систему координат  $OXYZ$ , расположив её начало в одной из вершин нижней грани параллелепипеда, причем

$$0 \leq x \leq h_1; \quad 0 \leq y \leq h_2; \quad 0 \leq z \leq h_3.$$

Кроме того, пусть источник возгорания имеет координаты  $(a, b, 0)$ . Тогда уравнение модели в 3D-формулировке примет вид

$$\rho C_p \frac{\partial t(x, y, z, \tau)}{\partial \tau} = \lambda \left[ \frac{\partial^2 t(x, y, z, \tau)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 t(x, y, z, \tau)}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 t(x, y, z, \tau)}{\partial z^2} \right], \quad (3)$$

где  $\rho, C_p$  — плотность и теплоемкость воздуха — продукты горения;  $t(x, y, z, \tau)$  — локальная температура внутри помещения;  $\tau$  — текущее время.

В качестве начального условия принимается температура окружающей среды

$$t(x, y, z, \tau) = t_c. \quad (4)$$

На боковых поверхностях задаются граничные условия третьего рода:

$$-\lambda \frac{\partial t(h_1, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_\delta [t(h_1, y, z, \tau) - t_c]; \quad (5)$$

$$\lambda \frac{\partial t(0, y, z, \tau)}{\partial x} = \alpha_\delta [t(0, y, z, \tau) - t_c]; \quad (6)$$

$$-\lambda \frac{\partial t(x, h_2, z, \tau)}{\partial y} = \alpha_\delta [t(x, h_2, z, \tau) - t_c]; \quad (7)$$

$$\lambda \frac{\partial t(x, 0, z, \tau)}{\partial y} = \alpha_\delta [t(x, 0, z, \tau) - t_c]; \quad (8)$$

$$-\lambda \frac{\partial t(x, y, h_3, \tau)}{\partial z} = \alpha_n [t(x, y, h_3, \tau) - t_c]; \quad (9)$$

$$\frac{\partial t(x, y, 0, \tau)}{\partial z} = 0, x, y \notin D; \quad (10)$$

$$t(x, y, z, \tau) = t^*(\tau), x, y \in D, \quad (11)$$

где  $\alpha_\delta, \alpha_n$  — коэффициенты теплоотдачи от боковых и потолочной поверхности в окружающую среду;  $D$  — прямоугольник с центром  $(a, b)$ :

$$D = \{a_1 \leq x \leq a_2; b_1 \leq y \leq b_2\}.$$

В безразмерном виде уравнения модели (3)–(11) таковы:

$$\frac{\partial T(X, Y, Z, \theta)}{\partial \theta} = \frac{\partial^2 T(X, Y, Z, \theta)}{\partial X^2} + \frac{\partial^2 T(X, Y, Z, \theta)}{\partial Y^2} + \frac{\partial^2 T(X, Y, Z, \theta)}{\partial Z^2}; \quad (12)$$

$$T(X, Y, Z, 0) = 0; \quad (13)$$

$$\frac{\partial T(H_1, Y, Z, \theta)}{\partial X} = -Nu_\delta T(H_1, Y, Z, \theta); \quad (14)$$

$$\frac{\partial T(0, Y, Z, \theta)}{\partial X} = Nu_\delta T(0, Y, Z, \theta); \quad (15)$$

$$\frac{\partial T(X, H_2, Z, \theta)}{\partial Y} = -Nu_\delta T(X, H_2, Z, \theta); \quad (16)$$

$$\frac{\partial T(X, 0, Z, \theta)}{\partial Y} = Nu_\delta T(X, 0, Z, \theta); \quad (17)$$

$$\frac{\partial T(X, Y, H_3, \theta)}{\partial Z} = -Nu_\delta T(X, Y, H_3, \theta); \quad (18)$$

$$\frac{\partial T(X, Y, 0, \theta)}{\partial Z} = 0, X, Y \notin \bar{D}; \quad (19)$$

$$T(X, Y, Z, \theta) = T^*(\theta), X, Y \in \bar{D}, \quad (20)$$

где  $\theta = \tau a_{\phi} / h;$   
 $X = x/h;$   
 $Y = y/h; Z = z/h;$   
 $h = \sqrt[3]{h_1 h_2 h_3};$   
 $a_{\phi} = \lambda / (\rho C_p);$   
 $Nu_{\delta} = \alpha_{\delta} h / \lambda;$

$Nu_n$  – числа Нусельта:

$$Nu_n = \frac{\alpha_n}{\lambda};$$

$$T(X, Y, Z, \theta) = t(x, y, z, \tau) - t_c;$$

$$T^*(\theta) = t^*(\tau) - t_c;$$

$$H_{1,2,3} = \frac{h_{1,2,3}}{h};$$

$$D = \{A_1 \leq X \leq A_2; B_1 \leq Y \leq B_2\};$$

$$A_{1,2} = a_{1,2} / h; B_{1,2} = b_{1,2} / h.$$

Несмотря на линейный характер уравнения (12) и большинства краевых условий (13)—(18), особенностью её является разрыв первого рода по границе  $D$ , что делает маловероятным получение нестационарного поля температур классическими аналитическими методами. Поэтому интегрирование модели (12)—(20) осуществлено численно.

**3. Вычислительный эксперимент.** Численное интегрирование проводилось методом сеток по маршевой схеме относительно  $\theta$  по шаблону «объемный крест» с аппроксимацией второго порядка по геометрическим координатам и первого по безразмерному времени.

Дискретный аналог

$$T(X, Y, Z, \theta)$$

представляется как

$$T_{i,j,k}^m = T(X_i, Y_j, Z_k, \theta)$$

на сетке

$$\Omega = \{X_i = i\Delta X, Y_j = j\Delta Y, Z_k = k\Delta Z, \theta_m = m\Delta\theta\},$$

где  $i = \overline{0, I}; j = \overline{0, J}; k = \overline{0, K}; m = \overline{0, M}.$

Соотношение шагов сетки

$$\Delta X = \frac{H_1}{I}; \Delta Y = H_2 / J; \Delta Z = H_3 / K$$

и  $\Delta\theta$  выбирались по условию Куранта [13].

Граничные условия в зависимости от расположения границы аппроксимировались правыми или левыми трехточечными конечными разностями [14].

Библиографический список

1. Кошмаров, Ю. А. Процессы нарастания опасных факторов пожара в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара / Ю. А. Кошмаров, В. В. Рубцов. — М.: МИПБ МВД РФ, 1999. — 90 с.

В итоге конечно-разностная схема приобрела следующий вид:

$$T_{i,j,k}^{m+1} = T_{i,j,k}^m + \left[ \frac{T_{i+1,j,k}^m - 2T_{i,j,k}^m + T_{i-1,j,k}^m}{\Delta X^2} + \frac{T_{i,j+1,k}^m - 2T_{i,j,k}^m + T_{i,j-1,k}^m}{\Delta Y^2} + \frac{T_{i,j,k+1}^m - 2T_{i,j,k}^m + T_{i,j,k-1}^m}{\Delta Z^2} \right] \Delta\theta; \tag{21}$$

$$T_{i,j,k}^0 = 0; \tag{22}$$

$$T_{I,j,k}^m = \frac{T_{I-2,j,k}^m - 4T_{I-1,j,k}^m}{3 + Nu_{\delta} \Delta X};$$

$$T_{0,j,k}^m = \frac{4T_{1,j,k}^m - T_{2,j,k}^m}{3 + Nu_{\delta} \Delta X}; \tag{23}$$

$$T_{i,J,k}^m = \frac{T_{i,J-2,k}^m - 4T_{i,J-1,k}^m}{3 + Nu_{\delta} \Delta Y};$$

$$T_{i,0,k}^m = \frac{4T_{i,1,k}^m - T_{i,2,k}^m}{3 + Nu_{\delta} \Delta Y}; \tag{24}$$

$$T_{i,j,0}^m = \frac{1}{3} (4T_{i,j,1}^m - T_{i,j,2}^m); \text{вне } \bar{D}; \tag{25}$$

$$T_{i,j,k}^m = T^{*m} \text{ в } \bar{D}. \tag{26}$$

Предварительными расчетами подтверждены устойчивость и сходимость схемы (21)—(26). Программа реализована в 64-разрядном пакете MAPLE15 на базе 8-ядерного комплекса ASUS на сетке 50×50×50.

Дальнейшая проверка адекватности математической модели возможна при условии верификации параметра  $\lambda$ , который необходимо определить по эмпирической информации температур, что и будет являться начальной стадией локального возгорания.

**Заключение.** Преимущество данного подхода состоит в том, что при минимальной эмпирической информации возможна идентификация динамики пожара на начальной стадии при произвольной локализации возгорания по объему склада, приземная наполняемость единицами хранения в котором не влияет на геометрию помещения.

References

1. Koshmarov, Yu. A. Processy narastaniya opasnykh faktorov pozhara v proizvodstvennykh pomeshheniyah i raschet kriticheskoy prodolzhitel'nosti pozhara / Yu. A. Koshmarov, V. V. Rubcov. — M.: MIPB MVD RF, 1999. — 90 s.

2. **ГОСТ 12.1.004-91.** Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. — Взамен ГОСТ 12.1.004-85, введ. 01.07.1992. — М.: Стандартиформ, 2006. — 68 с.
3. **СНиП 21-01-97\*.** Пожарная безопасность зданий и сооружений. — М.: Госстрой России, 2004. — 26 с.
4. **Пузач, С. В.** Математическое моделирование газодинамики и теплообмена при решении задач пожаровзрывоопасности / С. В. Пузач. — М.: Академия ГПС МЧС России, 2002. — 150 с.
5. **Снегирев, А. Ю.** Численное моделирование турбулентной конвекции газа в помещении при наличии очага загорания / А. Ю. Снегирев, Я. Т. Танклевский // Теплофизика высших температур. — 1998. — № 6. — С. 973—983.
6. **Cox, G.** Combustion Fundamentals of Fire / G. Cox. — London: Academic Press, 1995. — 476 p.
7. **Drysdale, D.** An Introduction to Fire Dynamics / D. Drysdale. — Chertstohn: Wiley and Sons, 1985. — 604 p.
8. **Кошмаров, Ю. А.** Термодинамика и теплопередача в пожарном деле / Ю. А. Кошмаров, М. П. Башкирцев. — М.: ВПИТШ МВД СССР, 1987. — 444 с.
9. **Gengenbre, E.** Turbulent Diffusion Flammings With Large Buoyancy Effects / E. Gengenbre, P. Cambray, D. Karmed, V. C. Bellet // Combustion Science and Technology. — 1984. — V. 41. — P. 55—67.
10. **Цветков, Ф. Ф.** Теплообмен / Ф. Ф. Цветков, Б. А. Григорьев. — М.: Изд-во МЭИ, 2005. — 550 с.
11. **Latif, M.** Heat convection / M. Latif. — New York: Springer, 2009. — 552 p.
12. **Kothandaramam, C.** Fundamentals of Heat and Mass Transfer / C. Kothandaramam. — New Delhi: AgeInternational, 2010. — 729 p.
13. **Конторович, Л. В.** Приближенные методы высшего анализа / Л. В. Конторович, В. Ч. Крылов. — М.: Физматгиз, 1962. — 708 с.
14. **Турчак, Л. И.** Основы численных методов / Л. И. Турчак. — М.: Наука, 1987. — 320 с.
15. **Рязских, В. И.** Стационарное температурное поле в квадратной области при комбинированных граничных условиях первого рода / В. И. Рязских, В. А. Сумин, А. А. Богер, М. И. Слюсарев // Вестник Воронеж. гос. техн. ун-та. — 2011. — Т. 7, № 1. — С. 100—102.
2. **GOST 12.1.004-91.** Sistema standartov bezopasnosti truda. Pozharnaya bezopasnost'. Obshhie trebovaniya. — Vzamen GOST 12.1.004-85, vved. 01.07.1992. — M.: Standartinform, 2006. — 68 s.
3. **SNiP 21-01-97\*.** Pozharnaya bezopasnost' zdaniy i sooruzhenij. — M.: Gosstroj Rossii, 2004. — 26 s.
4. **Puzach, S. V.** Matematicheskoe modelirovanie gazodinamiki i teploobmena pri reshenii zadach požarovzryvoopasnosti / S. V. Puzach. — M.: Akademiya GPS MChS Rossii, 2002. — 150 s.
5. **Snegirev, A. Yu.** Chislennoe modelirovanie turbulentnoj konvekcii gaza v pomeshhenii pri nalichii ochaga zagoraniya / A. Yu. Snegirev, Ya. T. Tanklevskij // Teplofizika vysshix temperatur. — 1998. — № 6. — S. 973—983.
6. **Sox, G.** Combustion Fundamentals of Fire / G. Sox. — London: Academic Press, 1995. — 476 p.
7. **Drysdale, D.** An Introduction to Fire Dynamics / D. Drysdale. — Chertstohn: Wiley and Sons, 1985. — 604 p.
8. **Koshmarov, Yu. A.** Termodinamika i teploperedacha v požarnom dele / Yu. A. Koshmarov, M. P. Bashkircev. — M.: VIPTSh MVD SSSR, 1987. — 444 s.
9. **Gengenbre, E.** Turbulent Diffusion Flammings With Large Buoyancy Effects / E. Gengenbre, P. Cambray, D. Karmed, V. C. Bellet // Combustion Science and Technology. — 1984. — V. 41. — P. 55—67.
10. **Cvetkov, F. F.** Teplomassoobmen / F. F. Cvetkov, B. A. Grigor'ev. — M.: Izd-vo ME'I, 2005. — 550 s.
11. **Latif, M.** Heat convection / M. Latif. — New York: Springer, 2009. — 552 p.
12. **Kothandaramam, C.** Fundamentals of Heat and Mass Transfer / C. Kothandaramam. — New Delhi: AgeInternational, 2010. — 729 p.
13. **Kontorovich, L. V.** Priblizhennyye metody vysshego analiza / L. V. Kontorovich, V. Ch. Krylov. — M.: Fizmatgiz, 1962. — 708 s.
14. **Turchak, L. I.** Osnovy chislennykh metodov / L. I. Turchak. — M.: Nauka, 1987. — 320 s.
15. **Ryazhskix, V. I.** Stacionarnoe temperaturnoe pole v kvadratnoj oblasti pri kombinirovannykh granichnykh usloviyax pervogo roda / V. I. Ryazhskix, V. A. Sumin, A. A. Boger, M. I. Slyusarev // Vestnik Voronezh. gos. texn. un-ta. — 2011. — T. 7, № 1. — S. 100—102.

## ESTIMATION ALGORITHM ONSET DURATION OF LOCAL FIRE ON THE TEMPERATURE FIELD IN NEVENTELIRUEMYH LARGE WAREHOUSES

**Kostikov S. V.,**  
 Head of department,  
 Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
 Russia, Voronezh, tel.: (473) 236-33-05, e-mail: kstyk@rambler.ru

**Ryazhskix V. I.,**  
 D. Sc. in. Engineering, Prof.,  
 Voronezh State Technical University;  
 Russia, Voronezh, e-mail: ryazhskih@scientist.com

*An algorithm identifying the non-stationary temperature field 3D, based on the kvazipolevoy model slabokonvektivnogo heat, which allowed to formulate the boundary value problem and numerically integrate by marching finite difference scheme. Equation of the model followed to determine the duration of the initial stage of a local fire in confined spaces.*

**Keywords:** fire, local fire, model, finite-difference scheme.

## МЕХАНИЗМЫ ВОЗМОЖНЫХ РЕАЛИЗАЦИЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ И УЧЕТ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СЛОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Г. В. Зибров, В. Н. Старов, Е. В. Смоленцев, А. В. Попов

*Представлены исследования технологий нового поколения, которыми являются комбинированные методы обработки и неразрушающие методы диагностики с применением акустико-эмиссионных критериев разрушения на основе инвариантов.*

**Ключевые слова:** новые технологии, механизмы физических воздействий, технологическая наследственность, комбинированные методы обработки, неразрушающие методы диагностики, акустическая эмиссия.

**Введение.** Достижения последних лет и раскрытие возможностей научно-технического прогресса, в том числе при применении в сфере производства новых технологий создания, диагностики и контроля объектов сложных и специальных производств (ракетно-космических систем и их двигателей, ядерных, энергетических объектов и реакторов, энергетических турбин, систем перекачки и переработки нефти, газа и других) требуют пристального внимания и дальнейшего изучения и развития.

При эксплуатации силовых элементов изделий ответственного назначения и изделий специального машиностроения актуальным вопросом является оценка их прочностных характеристик исходя из степени опасности дефектов и учет технологической наследственности объекта (ТНО) на этапах жизненного цикла продукции (ЖЦИ). В этих условиях важно учитывать изначальные физические воздействия, заложенные в объект ещё при его проектировании, а также технологические воздействия процессов изготовления, особенно базирующихся на современных высокоэффективных комбинированных методах обработки (КМО).

---

**Зибров Геннадий Васильевич**, д-р пед. наук, проф., Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж); Россия, г. Воронеж, тел.: (473)236-90-18, e-mail: academy-vvs.ru

**Старов Виталий Николаевич**, д-р техн. наук, проф., Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: vigps\_onirio@mail.ru

**Смоленцев Евгений Владиславович**, д-р техн. наук, проф., Воронежский государственный технический университет; Россия, г. Воронеж, тел.: (473)246-27-72

**Попов Алексей Владимирович**, д-р техн. наук, доц., Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж); Россия, г. Воронеж, тел.: (473)236-90-18

---

© Зибров Г. В., Старов В. Н., Смоленцев Е. В., Попов А. В., 2014

Известна работа [1], в которой исследована общая методология создания технологий нового поколения, включая комбинированные методы обработки и неразрушающие методы диагностики. Однако в последние годы расширилось применение в оценке прочностных характеристик конструкций акустико-эмиссионных критериев разрушения на основе инвариантов (АЭКИ), позволяющих проводить высоко достоверную оценку прочностных характеристик ответственных конструкций с учётом степени опасности дефектов вне зависимости от их формы, размеров и предыстории эксплуатации [6, 7].

Цель работы — исследовать механизмы реализаций физических воздействий в новых технологиях, основанных на реализации современных требований к качеству продукции, учета высокой конкуренции на рынках при внедрении в производство прогрессивных технологий изготовления продукции и особенности эксплуатации, а также учета прочностных характеристик сложных изделий ответственного назначения.

**1. Создание прогрессивной технологии** является сложной проблемой, которая базируется на начальных условиях, задаваемых при проектировании и определяющих направления развития технологий. При этом начальные условия основываются на следующем:

- принятых общих идеологии, концепциях, принципах;
- используемых методологиях и системах описания объекта проектирования и конструкторского обеспечения;
- определении целей, задач, систем принятия решений по объектам;
- определении, выборе и описании технологического обеспечения производства изделия, начиная от технологической подготовки производства с выбором заготовок с заданными свойствами и уровнями контроля;
- базовых этапах преобразования заготовок-деталей в готовое изделие с требуемыми свойствами (качеством);

– определении, выборе и описании полного технологического обеспечения со всеми средствами контроля и многом другом.

Целями создания подобных технологий являются:

– достижение требуемых показателей качества объекта или технического обеспечения выпускаемых изделий;

– удовлетворение требованиям высокой работоспособности и повышенных эксплуатационных показателей изделия;

– снижение ресурсопотребления как производства, так и созданной на нем продукции, в том числе энергетической направленности;

– обеспечение требуемого алгоритма функционирования или технологических воздействий на заготовки при их превращении в детали;

– создание конкурентоспособной продукции на национальном или глобальном уровнях и приемлемых цен изделий;

– удовлетворение требований дальнейшего развития, модернизации и перспективности объекта и прочее.

**2. Пример математического описания объекта производства.** Основываясь на указанном подходе, рассмотрим пример математического описания в общем виде какого-то объекта производства. Примем, что исходное состояние объекта (ответственной детали или узла изделия, например сопла двигателя ракеты)  $C_0$  задается набором параметров, характеризующих его материал (физико-механические свойства), форму и размеры заготовки, обозначим его как  $C_{ni}$ . Тогда в общем виде получим запись:

$$C_0 = f(C_{n1}, C_{n2}, \dots, C_{nR}).$$

Конечное состояние объекта  $C_{ki}$  определяется формой, размерами, точностью изготовления, физико-механическими свойствами, включая напряженное состояние, и другими параметрами, в том числе контролируруемыми средствами неразрушающего контроля.

Введем функцию преобразования  $\varphi_0$  свойств потока деталей из исходного состояния (заготовки) в конечное состояние (изделие), которую представим следующим образом [3]:

$$\varphi_0 : \begin{Bmatrix} C_{n1} \\ C_{n2} \\ \vdots \\ C_{nR} \end{Bmatrix} \rightarrow \begin{Bmatrix} C_{k1} \\ C_{k2} \\ \vdots \\ C_{kT} \end{Bmatrix}, \quad (1)$$

где  $\varphi_0$  — функция технологического преобразования свойств изделия — деталей, т. е. предмета обработки (создания);  $C_{nR}$  —  $r$ - $e$ -элементарное свойство заготовки;  $C_{kT}$  —  $t$ - $e$ -элементарное свойство изделия;  $R$  — общее число свойств заготовки;  $T$  — общее число свойств изделия.

Любой объект есть совокупность материального  $S_0$ , энергетического  $E_0$  и информационного  $I_0$

потоков [2]. В процессе производства технологические преобразования заготовки в изделие достигаются целенаправленными совокупными технологическими воздействиями (обозначим их как  $N(t_k)$ ) материального  $S_0(t_k)$ , энергетического  $E_0(t_k)$  и информационного  $I_0(t_k)$  типов потоков. Получим следующую запись модели процесса:

$$N(t_k) = S_0(t_k) \cup E_0(t_k) \cup I_0(t_k). \quad (2)$$

В настоящее время признанного единого решения данных уравнений для подавляющего числа комбинированных методов обработки и контроля до сих пор не найдено. Исключениями являются лишь несколько хорошо изученных и давно применяемых в производстве электрохимических способов [3]. Таким образом, механизмы реализации при комбинации различных воздействий на объекты обработки и неразрушающего контроля либо не изучены, либо существуют только для частных случаев [3, 4].

Описание многих процессов можно выполнять на базе формализованных подходов. Однако не все конструкторские и технологические идеи и обеспечения процессов можно формализовать, поэтому в ряде случаев требуется параллельное рассмотрение значительного числа разнонаправленных задач или подзадач. В этом случае принято использовать специальное математическое и программное компьютерное обеспечение из области САПР, хотя процесс построения САПР технологических процессов комбинированных методов обработки до сих пор слабо реализован и охватывает лишь частные вопросы, что не позволяет широко и эффективно их использовать.

**3. Жизненный цикл объекта.** У различных изделий разный жизненный цикл. Он может длиться от нескольких дней до десятков лет. Любые технические системы, вступая в строй, предназначены выполнять поставленные задачи. Одним из важных этапов жизненного цикла является период эксплуатации. В дальнейшем будем говорить о сложных технологических объектах, особенностях их работы, эксплуатации, обеспечении повышенной или ранее не достижимой работоспособности на этапах жизненного цикла изделия.

При исследованиях работоспособности ответственных конструкций машиностроения нами [5] предложены некоторые поправки в методические основы: понятие «жизненный цикл продукции» включает этапы — стадии жизни, на каждой из которых производится оценка и обеспечивается качество.

Укажем эти этапы:

- маркетинг, поиск и изучение рынка (МР);
- проектирование и разработка требований продукции (РТП);
- материально-техническое снабжение (МТС);
- технологическая подготовка производственных процессов с учетом технологической наследственности (ТПП-ТНО-КМО);



- производство продукции с учетом технологической наследственности (ПР-ТНО);
- диагностика (контроль);
- проведение испытаний и обследований (ДИ-АЭКИ);
- упаковка и хранение (УХ);
- реализация и распределение продукции (РР);
- монтаж и эксплуатация (МЭ);

- техническая помощь и обслуживание, сервис (ТС);
- утилизация (УТ).

В нашем представлении схема взаимосвязей управления объектами при применении новых технологий и пути выполнения поставленных целей для новых технологий на этапах ЖЦИ показана на рис. 1. Она дана с учетом взаимосвязей обеспечения качества на этапах ЖЦИ [5].

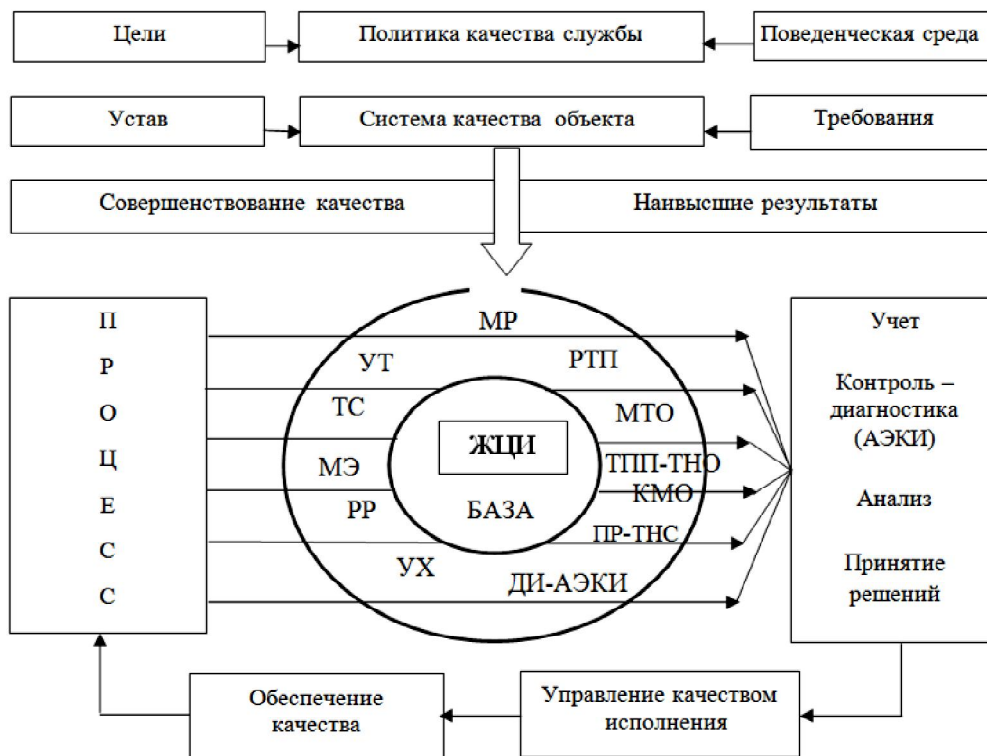


Рис. 1. Схема взаимосвязей управления объектами при реализации новых технологий и качества выполнения поставленных целей для новых технологий на этапах ЖЦИ

С учетом современных требований к качеству продукции, высокой конкуренции на рынках прогрессивные технологии должны иметь итерационный характер выполнения всех их стадиях. Схемы, показывающие упрощенное этапное представление жизненного цикла технологии, представлены на рис. 2 [1].

Обычно схема 2а считается традиционной, но для комбинированных методов отсутствие обратной связи, итерационной составляющей, является неприемлемым фактором. Кроме того, такая схема не позволяет выполнять отдельные этапы параллельно, а не последовательно, внедрять современные информационные технологии, например CALS-технологии. Известные упрощенные схемы, позволяющие проводить итеративное проектирование (рис. 2б, в), в некоторой степени лишены недостатков традиционного способа, при этом с точки зрения оптимальности их последовательность может быть изменена.

Схема с направленными шагами через анализ (рис. 2в) для разработки методики проекти-

рования новых технологий с использованием комбинированных методов обработки и систем диагностики (контроля) АЭКИ нами признана оптимальной.

**4. Анализ и синтез объектов.** На рис. 3 представлена предложенная авторами работы [4] гипотетическая диаграмма проектирования технологии нового поколения Она основывается на определении системы принципов и методов обеспечения качественно новых свойств и возможностей технологий, а также на разработке системы проектирования новой технологии.

Последняя должна обеспечивать возможность эффективного использования на этапах ЖЦИ наукоемких процессов, в нашем случае это новая технологическая подготовка производственных процессов с учетом технологической наследственности (ТПП-ТНО); собственно КМО; производство продукции с учетом технологической наследственности (ПР-ТНО); диагностика (контроль); проведение испытаний и обследований (ДИ-АЭКИ).

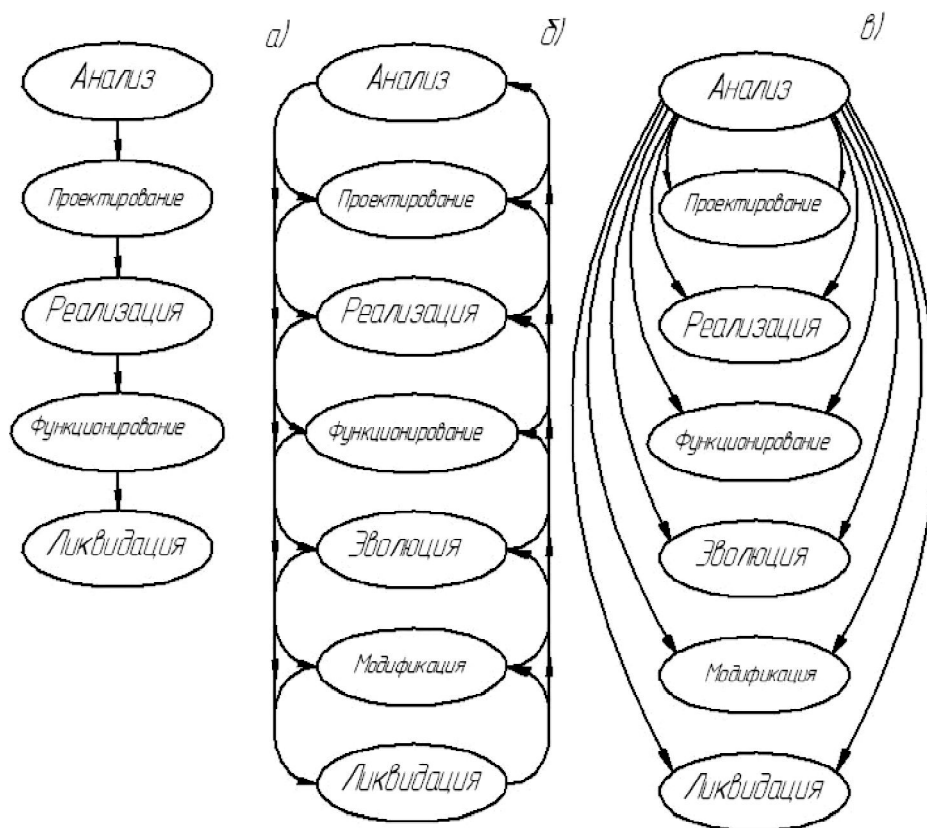


Рис. 2. Этапы жизненного цикла технологии:  
 а) традиционного цикла; б) при итеративном проектировании;  
 в) при итеративном проектировании через анализ



Рис. 3. Система принципов проектирования технологии в новой оболочке [4]

Принципы проектирования новой технологии основаны на широком компьютерном обеспечении, они позволяют обрабатывать, накапливать и рационально использовать постоянно пополняемые базы данных.

Система принципов и методов обеспечения качественно новых свойств и возможностей базируется на композициях множеств известных и новых принципов и методов обеспечения свойств и возможностей технологии.

Проведенный анализ показывает, что важнейшим является анализ и синтез объектов систем. С учетом представлений, приведенных в работе [4], исследуем общее описание алгоритма синтеза методов обработки и диагностики, имея в виду, что есть два базовых вектора — комбинированная обработка КМО и методы диагностики, с применением акустико-эмиссионных критериев разрушения на основе инвариантов АЭКИ [6, 7].

Этапы общего описания алгоритма синтеза методов обработки и диагностики таковы:

1. Во-первых, создается открытый набор единичных процессов с базовой основой в качестве КМО и АЭКИ, обеспечивающих заданное изменение свойств объекта обработки и своевременную оценку состояния элементов или объектов изделия. В нашем случае речь идет о процессах формирования требуемого объекта какими-то методами обработки, приводящими к управляемому локальному и дозированному разрушению (созданию) формы и поверхности твердого тела с целью изменения его макро- и микроразмеров и свойств поверхности (поверхностно-приповерхностного слоя). Причем эта база является открытой, то есть при необходимости может расширяться и включать в себя новые элементы и новые возможности. Также учитываются, а при необходимости создаются системы ограничений, основанные на особенностях используемых принципов, причем учитывают неприемлемые отношения между парциальными процессами, свойствами этих процессов и возможными результатами.

2. Для данного класса технологических задач формируются функция  $F$  цели.

Так, при синтезе комбинированных методов отделочно-упрочняющей обработки поверхностей деталей машин функция цели может быть представлена выражением вида

$$F = f(R, \alpha, \beta, \tau, \gamma, q) = \Delta(x) A \Delta(y) B, \quad (3)$$

где  $R$ ,  $\alpha$  — обобщенные характеристики микро- и макрогеометрии поверхности;  $\tau$  — обобщенные показатели напряженного состояния;  $\beta$  — показатели металло-физических свойств поверхностно-приповерхностного слоя;  $\gamma$  — показатель прочности связи поверхностного слоя с основой;  $q$  — показатель, отражающий особенности формирования (разрушения) поверхностного (обрабатываемого) слоя;  $A$  — множество воздействий, отражающих

структуру процесса КМО;  $\Delta(x)$  — оператор выбора необходимой структуры методов обработки;  $\Delta(y)$  — оператор выбора необходимой структуры диагностики;  $B$  — множество, отражающее структуру процесса диагностики с использованием АЭКИ.

3. Средствами комбинаторики выявляется множество для процессов обработки  $K$  и диагностики  $D$  в виде возможных сочетаний единичных процессов или их обобщенных представителей.

4. Осуществляется формирование подмножества методов обработки, элементы которых удовлетворяют принятым ранее ограничениям:  $K^* \in K$ .

5. Осуществляется формирование подмножества  $D^*$  методов диагностики, элементы которых удовлетворяют принятым ранее ограничениям, т. е.  $D^* \in D$ .

6. Разрабатываются способы реализации конкретного метода обработки  $K_i \in K$  и технологии на основе этих способов.

7. Разрабатываются способы реализации конкретного метода диагностики  $D^* \in D$  и технологии (в данном случае АЭКИ) на основе этих способов.

8. Выполняется экспериментальная оценка эффективности таких технологий, делается заключение о целесообразности использования данного метода обработки и диагностики в конкретной области техники (предметной области), выявляется подобласть его эффективного применения, оцениваются диапазоны достигаемых этими методами технологических (эксплуатационных) результатов.

#### Выводы

1. Большую научную ценность при исследовании и разработке процессов на основе комбинированных методов обработки и диагностики представляют данные об отношениях между парциальными процессами. Они проявляются через специфические эффекты взаимовлияния: например, при обработке труднообрабатываемых материалов используют целый ряд методов — механохимический, термохимический, механоэлектрический и другие.

2. Для неразрушающих методов диагностики следует применять высокоточные акустико-эмиссионные критерии оценки состояния (разрушения) объекта на основе инвариантов, которые позволяют оценивать прочностные характеристики конструкций с учетом степени опасности дефектов вне зависимости от их формы, размеров и предистории эксплуатации.

3. Указанные эффекты взаимовлияния лежат в основе синергетических, компенсационных, фильтрационных и иных явлений, свойственных комбинированным методами формирования поверхностей и диагностики состояния объекта, представляющих технологический интерес и обеспечивающих конкурентоспособность соответствующих технологий, используемых в производстве продукции и эксплуатации изделий специального машиностроения.

1. **Михайлов, А. Н.** Основы синтеза функционально-ориентированных технологий машиностроения / А. Н. Михайлов. — Донецк: ДонНТУ, 2009. — 346 с.
2. **Хубка, В.** Теория технических систем / В. Хубка. — М.: Мир, 1987. — 208 с.
3. **Теория электрических и физико-химических методов обработки:** в 2 ч. Ч 1: Обработка материалов с применением инструмента / В. П. Смоленцев [и др.]. — Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2008. — 248 с.
4. **Физико-химические методы обработки в производстве газотурбинных двигателей** / под ред. Б. П. Саушкина. — М.: Дрофа, 2002. — 656 с.
5. **Старов, В. Н.** Моделирование процессов изменения работоспособности оборудования с учетом технологической наследственности / В. Н. Старов, М. Н. Краснова. — Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2010. — 140 с.
6. **Попов, А. В.** Метод функциональных инвариантов в задачах оценки прочности на основе акустической эмиссии / А. В. Попов // Дефектоскопия. — 2008. — № 2. — С. 23—27.
7. **Попов, А. В.** Метод регистрации акустико-эмиссионных сигналов и силовых элементах конструкций вооружения и военной техники на основе лазерного голографического интерферометра / А. В. Попов, В. Н. Старов, Д. Е. Барабаш, С. Ю. Жачкин // Вестник ВАИУ. — 2012. — № 1 (15). — С. 18—28.

1. **Mixajlov, A. N.** Osnovy sinteza funkcional'no-orientirovannyx tehnologij mashinostroeniya / A. N. Mixajlov. — Doneck: DonNTU, 2009. — 346 s.
2. **Xubka, V.** Teoriya texnicheskix sistem / V. Xubka. — M.: Mir, 1987. — 208 s.
3. **Teoriya e'lektricheskix i fiziko-ximicheskix metodov obrabotki:** v 2 ch. Ch 1: Obrabotka materialov s primeneniem instrumenta / V. P. Smolencev [i dr.]. — Voronezh: Voronezh. gos. texn. un-t, 2008. — 248 s.
4. **Fiziko-ximicheskie metody obrabotki v proizvodstve gazoturbinnyx dvigatelej** / pod red. B. P. Saushkina. — M.: Drofa, 2002. — 656 s.
5. **Starov, V. N.** Modelirovanie processov izmeneniya rabotosposobnosti oborudovaniya s uchetom texnologicheskoy nasledstvennosti / V. N. Starov, M. N. Krasnova. — Voronezh: Voronezh. gos. texn. un-t, 2010. — 140 s.
6. **Popov, A. V.** Metod funkcional'nyx invariantov v zadachax ocenki prochnosti na osnove akusticheskoy e'missii / A. V. Popov // Defektoskopiya. — 2008. — № 2. — S. 23—27.
7. **Popov, A. V.** Metod registracii akustiko-e'missionnyx signalov i silovyx e'lementax konstrukcij vooruzheniya i voennoj texniki na osnove lazernogo golograficheskogo interferometra / A. V. Popov, V. N. Starov, D. E. Barabash, S. Yu. Zhachkin // Vestnik VAIU. — 2012. — № 1 (15). — S. 18—28.

## THE MECHANISMS OF POSSIBLE REALIZATIONS OF PHYSICAL EFFECTS AND ACCOUNTING STRENGTH CHARACTERISTICS OF COMPLEX STRUCTURES

**Zibrov G. V.,**

D. Sc. in Pedagogics, Prof.

Military Educational and Scientific Center of the Air Force  
«Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky

and Y. A. Gagarin» (Voronezh);

Russia, Voronezh, tel.: (473)236-90-18, e-mail: academy-vvs.ru

**Starov V. N.,**

D. Sc. in Engineering, Prof.

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, e-mail: vigps\_onirio@mail.ru

**Smolencev E. V.,**

D. Sc. in Engineering, Prof.

Voronezh State Technical University;

Russia, Voronezh, tel.: (473)246-27-72, e-mail: vorsty.ru

**Popov A. V.,**

D. Sc. in Engineering, Assoc. Prof.,

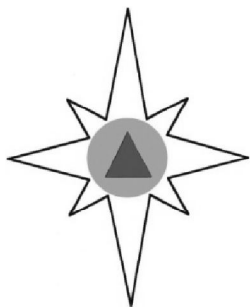
Military Educational and Scientific Center of the Air Force

«Air Force Academy named after Professor N. E. Zhukovsky  
and Y. A. Gagarin» (Voronezh);

Russia, Voronezh, tel.: (473)236-90-18

*The presented technologies of new generation, which are combined methods of treatment and non-destructive methods of diagnostics with the use of acoustic emission criteria of fracture on the basis of invariants.*

**Keywords:** *technology, machinery physical effects, technological heredity, combined methods of treatment, non-destructive methods of diagnostics, acoustic emission.*



## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.841

### ПРОБЛЕМЫ СБОРА ИНФОРМАЦИИ О ПОЖАРАХ И АВАРИЯХ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ: ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

**В. В. Кокорин, В. Д. Халиков, И. Я. Удилова, С. А. Шевцов**

*Приведены общие сведения о сборе статистических данных о пожарах и авариях. Подробно описаны наиболее часто встречающиеся проблемы, с которыми сталкиваются при сборе и обобщении информационных данных о чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом, представлены пути их решения.*

**Ключевые слова:** чрезвычайная ситуация, проблемы сбора информации, учет пожаров, авария нефтепровода, пути решения, электронная база данных, производственные объекты.

**Введение.** Сбор статистических данных о пожарах и авариях в целях их дальнейшего обобщения и анализа называется учетом пожаров и их последствий.

**Кокорин Вячеслав Викторович**, канд. техн. наук, ст. преп. кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Уральский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Екатеринбург, тел.: 8-912-26-000-40, e-mail: v.k.ekb@yandex.ru

**Халиков Вадим Данисович**, преп. кафедры пожарной безопасности технологических процессов, Уральский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Екатеринбург, тел.: 8-950-648-30-32, e-mail: halikov102@rambler.ru

**Удилова Инна Яковлевна**, ст. научный сотрудник – начальник отделения информационного обеспечения и информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности; Уральский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Екатеринбург, тел.: 8-912-676-47-79, e-mail: inna-udilova@yandex.ru

**Шевцов Сергей Александрович**, канд. техн. наук, ст. научный сотрудник, начальник отделения информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: 8-920-212-20-43, e-mail: shevtsov\_sa@vigps

Сбор информации дает возможность получить максимально возможные данные о каких-либо чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом. Учет пожаров в СССР начался в соответствии с принятым 8 декабря 1923 г. постановлением Совета труда и обороны «О статистическом учете пожаров». В Российской Федерации активное развитие системы пожарной статистики началось с 1995 г., после вступления в силу Федерального закона от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [1].

В порядке осуществления указанной функции в Российской Федерации была создана Единая государственная система статистического учета пожаров и их последствий — совокупность взаимосвязанных организационных мероприятий и процедур, реализующих нормативно-правовое, методическое и программно-техническое обеспечение деятельности по учету пожаров и их последствий и включающих сбор, обобщение и анализ статистических данных о пожарах в целях принятия адекватных государственных мер. Официальный статистический учёт и государственную статистическую отчетность по пожарам и их последствиям ведет Государственная противопожарная служба. Порядок учета пожаров и их последствий определяется федеральным органом исполнительной власти, уполномоченным на решение задач в области пожарной безопасности, по согласованию с федеральным органом исполнительной власти, осуществляющим межотраслевую координацию и функ-

циональное регулирование в сфере государственной статистики, и другими заинтересованными федеральными органами исполнительной власти. В соответствии с действующим порядком перечень статистической информации о пожаре включает в себя сведения о причине пожара, величине потерь от пожара и пострадавших при пожаре [1].

Официальному статистическому учету подлежат все пожары, для ликвидации которых привлекались подразделения пожарной охраны, а также пожары, в ликвидации которых подразделения пожарной охраны не участвовали, но информация о которых поступила от граждан и юридических лиц. Официальному статистическому учету не подлежат случаи, перечисленные ниже [2]:

1) случаи горения, предусмотренные технологическим регламентом или иной технической документацией, а также условиями работы промышленных установок и агрегатов;

2) случаи горения, возникающие в результате обработки предметов огнем, теплом или иным термическим (тепловым) воздействием с целью их переработки, изменения других качественных характеристик (сушка, варка, глажение, копчение, жаренье, плавление и др.);

3) случаи задымления при неисправности бытовых электроприборов и приготовлении пищи без последующего горения;

4) случаи взрывов, вспышек и разрядов статического электричества без последующего горения;

5) случаи коротких замыканий электросетей, в электрооборудовании, бытовых и промышленных электроприборах без последующего горения;

6) пожары, происшедшие на объектах, пользующихся правом экстерриториальности;

7) случаи горения автотранспортных средств, причиной которых явилось дорожно-транспортное происшествие;

8) пожары, причиной которых явились авиационные и железнодорожные катастрофы, форс-мажорные обстоятельства (террористические акты, военные действия, спецоперации правоохранительных органов, землетрясения, извержение вулканов и др.);

9) покушения на самоубийство и самоубийства путем самосожжения, не приведшие к гибели и травмированию других людей либо уничтожению, повреждению материальных ценностей;

10) случаи неконтролируемого горения, не причинившие материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства.

**1. Проблемы сбора информации.** Важнейшей проблемой сбора информации о пожарах и авариях на производственных объектах является ее отсутствие. С этой проблемой нам, работникам высших учебных заведений МЧС России, приходится сталкиваться постоянно при подготовке различных материалов к научным конференциям, научно-исследовательским работам, а также при подготовке и проведении занятий с курсантами, студентами и слушателями. Проблема заключается в том, что утвержденные формы подачи информации содержат только общие цифры, по которым просто невозможно провести подробный анализ производственных аварий и тем более предложить мероприятия, повышающие пожарную и промышленную безопасность данного рода объектов.

В качестве примера обратимся к «Аналізу обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 6 месяцев 2013 года», предоставленному Департаментом надзорной деятельности МЧС России [3]. Как мы видим, в данном статистическом отчете приведена лишь динамика пожаров (рис. 1) и гибели людей (рис. 2) в Российской Федерации за 2012 и 2013 гг.

Следующей проблемой является утаивание информации непосредственно руководством объекта. В подтверждении этого хотелось бы привести пример, который произошел в середине февраля 2010 года в районе села Солянка Олекминский района Республики Саха (Якутия) [4]. На данной территории произошел разлив нефти при аварии нефтепровода, принадлежащего ОАО «Транснефть». Руководство данного предприятия попыталось опровергнуть это сообщение и скрыть какую-либо информацию о случившейся аварии.

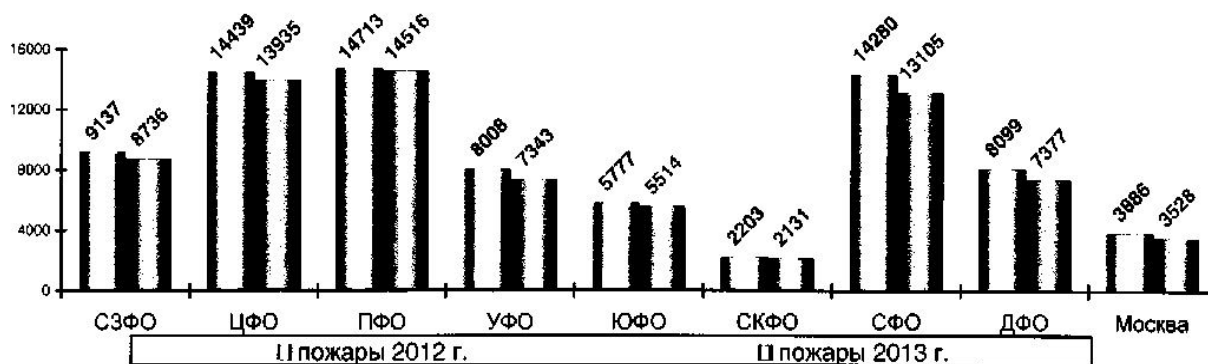


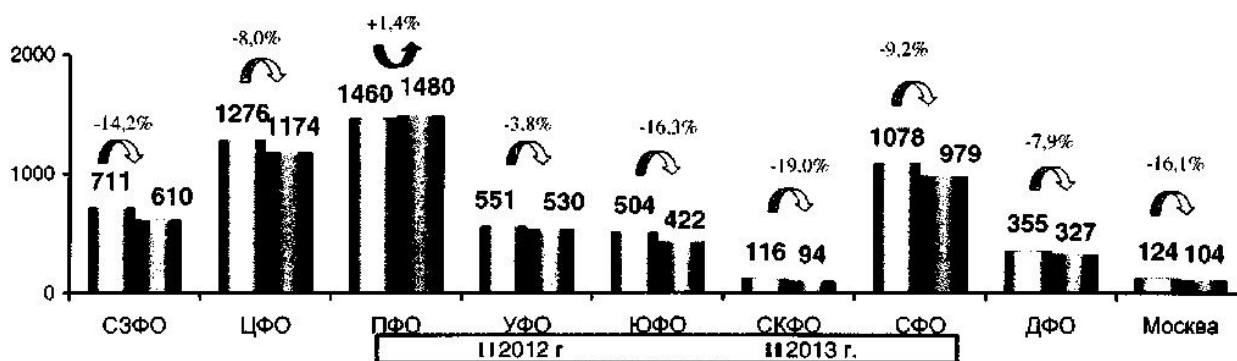
Рис. 1. Количество пожаров по федеральным округам:

динамика количества пожаров по федеральным округам в сравнении с АППГ, %:

Северо-Западный — 4,4, Центральный — 3,5, Приволжский — 1,3, Уральский — 8,3,

Южный — 4,6, Северо-Кавказский — 3,3, Сибирский — 8,2, Дальневосточный — 8,9, г. Москва — 9,2





**Рис. 2.** Количество погибших по федеральным округам:  
 снижение количества погибших людей зарегистрировано в Северо-Западном федеральном округе на 14,2 %, Центральном — 8,0, Уральском — 3,8, Южном — 16,3, Северо-Кавказском — 19,0, Сибирском — 9,2, Дальневосточном — 7,9, в г. Москве — на 16,1 %. Рост пожаров произошел в Приволжском федеральном округе на 1,4 %

Однако сотрудникам организации «Общественный экологический центр Республики Саха» удалось побывать на месте аварии и даже провести фотосъемку. Как оказалось, под снегом на площади 500 квадратных метров находилась нефть. Руководство «Транснефти» сослалось на некую базу, которая существовала на месте предполагаемого разлива нефти раньше. Представители компании объяснили, что в результате деятельности этой базы на грунт могло пролиться отработанное масло. Тем не менее Росприроднадзор подтвердил информацию экологов: разлита была именно сырая нефть из трубопровода. И это, как выяснилось, уже не первый случай. Данная проблема заключается в том, что организации не намерены тратить огромные денежные средства на восстановление окружающей природы. Тем более через некоторое время после аварии доказать причастность данной организации очень сложно.

Следующей проблемой является утаивание информации сотрудниками пожарных подразделений. Эта проблема связана с тем, что каждый пожар сопровождается составлением карточки тушения пожара [5]. Можно только гадать, будет ли несколько минут свободного времени у личного состава пожарного караула для составления данного отчета, который и без этого достаточно долгое время находился на ликвидации аварии. Тут возникает вопрос: Какой же отчет они предоставят, если находились весь день на пожаре, и насколько он будет верен, даже не смотря на тот факт, что являются непосредственными участниками данных боевых действий? Исследования, проведенные Централь-

ным научно-исследовательским и проектным институтом строительных металлоконструкций, подтверждает тот факт, что общее число пожаров и аварий на производственных объектах в два раза больше регистрируемых.

Еще одной проблемой является точность и достоверность полученной информации. При сборе информации зачастую происходит дублирование и искажение данных. Это связано с тем, что пока информация попадет в открытый доступ, она пройдет не один пункт сбора и обобщения статистических данных и может просто затеряться или повториться. В качестве примера еще раз обратимся к «Аналізу обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 6 месяцев 2013 года» [3].

При анализе статистики пожаров вызывает особенное беспокойство наблюдаемая в течение ряда последних лет тенденция к существенному снижению общего количества пожаров и аварий по всем основным причинам их возникновения и одновременном росте количества пожаров и аварий по «Прочим» причинам (рис. 3).

Как видно из рис. 4, данный пункт уже является четвертым по количеству наиболее часто встречающихся причин. Можно только предположить, какие статистические данные могут быть через несколько лет. А при анализе основных причин гибели людей при пожарах особое беспокойство вызывают такие пункты, как «Недостаток кислорода» и «Отравление продуктами горения». Большая часть людей в нашей стране утверждают, что данные пункты — это одно и то же.

Зарегистрировано уменьшение количества пожаров по всем основным причинам их возникновения: поджоги (-20,0%), неосторожное обращение с огнём (-8,5%), неосторожное обращение детей с огнём (-10,7%), нарушения ППБ при проведении электрогазосварочных и огневых работ (-10,2%), неисправности производственного оборудования (-4,3%), нарушения ПУиЭ печного отопления (-9,6%),. Рост количества пожаров произошёл по прочим причинам (+7,3%) и от нарушения ПУиЭ электрооборудования (+1,1%).

**Рис. 3.** Выдержка из статистического отчета [3]

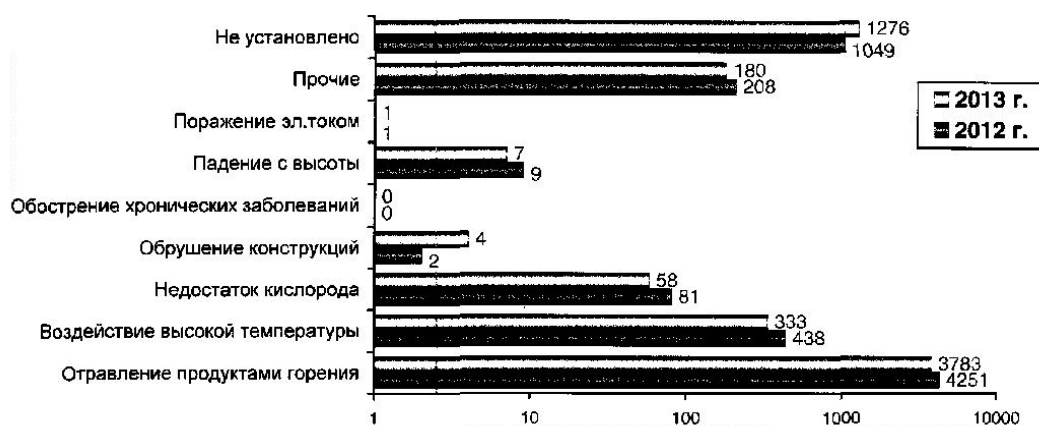


Рис. 4. Основные причины гибели людей при пожарах [3]

**2. Пути решения проблем.** 1. Для повышения уровня информации о пожарах и авариях необходимо постоянно поддерживать связь с сотрудниками подразделений пожарной охраны, а также иметь и постоянно расширять сеть информаторов. Каждый факт и данные проверять из разных источников [6].

2. Повысить административную и уголовную ответственность за дачу заведомо ложной информации по пожарам и авариям в Российской Федерации, а также за неправильный сбор и обобщение данных.

3. Значительно упростить подачу информации о статистических данных путем создания более простой формы отчета. Создание специальных отделов в пожарных частях или ответственных лиц из пожарного караула, находящихся на боевом дежурстве и отвечающих только за сбор и подробные описания при ликвидации пожара или аварии. В качестве решения данной проблемы имеет смысл закрепить за караулом пожарной части одного или несколько журналистов, выезжающих на каждую чрезвычайную ситуацию. Журналисты будут заниматься деятельностью по сбору, обработке и периодическому

распространению актуальной и новой информации через каналы массовой коммуникации.

4. Создать электронные базы данных с подробным описанием примеров пожаров и аварий на производственных объектах. С 2013 года подобная электронная база уже создана сотрудниками кафедры «Пожарная безопасность технологических процессов» ФГБОУ ВПО Уральского института ГПС МЧС России. В базе собирается информация о пожарах в резервуарах и резервуарных парках в России и за рубежом [7]. Во-первых, данного рода информация даёт представление о профессиональной деятельности учебного заведения. А во-вторых, она является неотъемлемой частью качественной подготовки выпускников высших учебных заведений МЧС России.

**Выводы.** Таким образом, приведены общие сведения о сборе статистических данных о пожарах и авариях. Также подробно описаны наиболее часто встречающиеся проблемы, с которыми сталкиваются при сборе и обобщении информационных данных о чрезвычайных ситуациях в России и за рубежом, представлены пути их решения.

Библиографический список

1. **О пожарной безопасности:** федер. закон от 21 декабря 1994 г. № 69-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 1994. — № 35, ст. 3649.
2. **Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий** [Электронный ресурс]: приказ МЧС РФ от 21 ноября 2008 г. № 714 // Гарант: информационно-правовой портал. — (<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/94531>). — (10.10.2013).
3. **Анализ обстановки с пожарами и последствиями от них на территории Российской Федерации за 6 месяцев 2013 года:** сборник. — М.: Департамент надзорной деятельности МЧС России, 2013. — 12 с.
4. **Экология и права человека** [Электронный ресурс] // Информационный ресурс общественных организаций. — (<http://newcpi.wmtest.ru/2010/03/19/8131>). — (19.03.2010).
5. **О формировании электронных баз данных учёта пожаров (загораний) и их последствий** [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 10 декабря 2008 г. № 760 // Govrdocs.ru. — (<http://govrdocs.ru/docs/121/index-198800-2.html>). — (19.03.2010).

References

1. **O požarnoj bezopasnosti:** feder. zakon ot 21 dekabrya 1994 g. № 69-FZ // Sobr. zakonodatel'stva RF. — 1994. — № 35, st. 3649.
2. **Ob utverzhdenii Poryadka ucheta požarov i ix posledstvij** [E'lektronnyj resurs]: prikaz MChS RF ot 21 noyabrya 2008 g. № 714 // Garant: informacionno-pravovoj portal. — (<http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/94531>). — (10.10.2013).
3. **Analiz obstanovki s požarami i posledstviyami ot nix na territorii Rossijskoj Federacii za 6 mesyacev 2013 goda:** sbornik. — M.: Departament nadzornoj deyatelnosti MChS Rossii, 2013. — 12 s.
4. **E'kologiya i prava cheloveka** [E'lektronnyj resurs] // Informacionnyj resurs obshhestvennyx organizacij. — (<http://newcpi.wmtest.ru/2010/03/19/8131>). — (19.03.2010).
5. **O formirovanii e'lektronnyx baz dannyx ucheta požarov (zagoraniy) i ix posledstvij** [E'lektronnyj resurs]: prikaz MChS Rossii ot 10 dekabrya 2008 g. № 760 // Govrdocs.ru. — (<http://govrdocs.ru/docs/121/index-198800-2.html>). — (19.03.2010).

6. **Максимов, И. А.** Оповещение и информирование в системе мер гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций: тенденции, перспективы, проблемы развития / И. А. Максимов, А. В. Краснокутский, А. Ю. Акулов, И. Я. Удилова // Техносферная безопасность. — 2013. — № 1. — С. 49—56.

7. **Пожары в резервуарах и резервуарных парках с нефтью и нефтепродуктами** // Электронная база данных. — (<http://uigps.ru/content/elektronnaya-baza-dannyh>). — (21.11.2013).

6. **Maksimov, I. A.** Opoveshhenie i informirovanie v sisteme mer grazhdanskoj oborony i zashhity ot chrezvychajnyx situacij: tendencii, perspektivy, problemy razvitiya / I. A. Maksimov, A. V. Krasnokutskij, A. Yu. Akulov, I. Ya. Udilova // Tehnosfernaya bezopasnost'. — 2013. — № 1. — S. 49—56.

7. **Pozhary v rezervuarax i rezervuarnyx parkax s neft'yu i nefteproduktami** // Elektronnaya baza dannyx. — (<http://uigps.ru/content/elektronnaya-baza-dannyh>). — (21.11.2013).

## PROBLEMS OF COLLECTING THE INFORMATION ABOUT FIRES AND ACCIDENTS AT INDUSTRIAL FACILITIES: WAYS OF THEIR SOLUTION

**Kokorin V. V.,**

PhD in Engineering, Senior Lecturer,  
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Yekaterinburg, tel.: 8-912-26-000-40, e-mail: v.k.ekb@yandex.ru

**Xalikov V. D.,**

Lecturer,  
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Yekaterinburg, tel.: 8-950-648-30-32, e-mail: halikov102@rambler.ru

**Udilova I. Ya.,**

Senior Research fellow — Head of department,  
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Yekaterinburg, tel.: 8-912-676-47-79; e-mail: inna-udilova@yandex.ru

**Shevcov S. A.,**

PhD in Engineering, Senior Research fellow, Head of department,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, tel.: 8-920-212-20-43; e-mail: shevtsov\_sa@vigps

*The article provides an overview of statistics collecting on fires and accidents. It is described in detail the most common problems faced in the collection and compilation of information on emergencies in Russia and abroad. The authors of the article have presented their solutions.*

**Keywords:** emergency, problems of information collecting, fires accounting, pipeline accident, electronic database, industrial facilities.



### Контакты:

телефон оргкомитета: (473)242-12-63,  
e-mail: vigps\_onirio@mail.ru/

Представители оргкомитета:

Шимон Николай Степанович.  
Шевцов Сергей Александрович/

**18 апреля 2014 года**

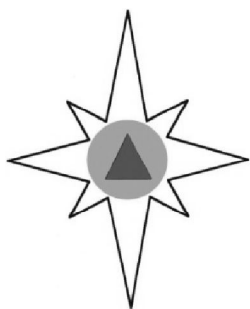
в Воронежском институте ГПС МЧС России состоится

В всероссийская с международным участием  
научно-практическая конференция курсантов,  
слушателей, студентов и молодых ученых

**«Современные технологии  
обеспечения гражданской обороны  
и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций».**

В рамках конференции состоится выставка современной  
пожарной техники.

Материалы для публикации и заявки для участия принимаются до 7 апреля 2014 г.



## МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.8

### СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ПОРОШКОВОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ

А. К. Маклецов

*Все большее распространение среди огнетушащих веществ получают порошковые огнетушащие составы. В работе на примере продукции фирмы «Эпотос» доказываются преимущества порошковых систем пожаротушения по сравнению с другими. Подробно рассматривается область применения порошковых и аэрозольных систем, ограничения по функциональности и безопасности. Приводится методика расчета необходимого количества модулей порошкового пожаротушения, разработанная специалистами Академии ГПС МЧС России совместно с ГК «Эпотос». Дается пример расчета количества МПП для защиты наружной установки в качестве которой принимается расположенная в Москве топливораздаточная колонка Нара-28Б блочной АЗС.*

**Ключевые слова:** системы порошкового пожаротушения, ограничения по функциональности, ограничения по безопасности, расчет количества модулей, методика расчета, пожаротушение, защита наружной установки.

**Введение.** В последние годы во многих странах мира все большее распространение среди огнетушащих веществ получают порошковые огнетушащие составы. Подтверждением сказанного может служить тот факт, что из общей массы выпускаемых ручных огнетушителей более 60 % составляют порошковые.

Помимо ручных огнетушителей, порошковые огнетушащие составы широко используются в автоматических установках пожаротушения и в пожарных автомобилях, предназначенных для тушения крупных пожаров, например, пожаров на аэродромах, на нефтехимических производствах и т. п. Порошковыми составами эффективно тушатся пожары газонефтяных фонтанов.

Огнетушащие порошки представляют собой мелкоизмельченные минеральные соли с различными добавками.

---

**Маклецов Андрей Константинович,**  
директор по маркетингу,  
группа компаний «Эпотос»;  
Россия, г. Москва, тел.: (495) 788-54-14, 916-61-16,  
e-mail: mac@epotos.ru

---

Основой для огнетушащих порошков являются фосфорно-аммонийные соли (моно- и диаммоний фосфаты), такие как  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , карбонаты и бикарбонаты щелочных металлов ( $\text{KHCO}_3$ ,  $\text{NaHCO}_3$ ), хлорид калия  $\text{KCl}$  и др. В состав порошков также входят специальные добавки, которые препятствуют комкованию и слеживаемости порошка.

Порошки используются для тушения пожаров большинства классов, в том числе А — горение твердых веществ, В — горение жидких веществ (бензин, нефтепродукты, спирты, растворители и др.), С — горение газообразных веществ (бытовой газ, аммиак, пропан и др.), D — горение металлов и металлосодержащих веществ (магний, алюминий, калий, натрий и др.), Е — горение материалов в электрических установках под напряжением. Следовательно, порошками можно тушить любые известные на сегодняшний день вещества и материалы.

Универсальными считаются порошки, которые могут использоваться для тушения пожаров нескольких классов (А, В, С, Е). Порошки, предназначенные для тушения только отдельных классов пожаров (В, С, Е или D), называются специальными.

**1. Механизм тушения пожара огнетушащими порошками.** Тушение пожаров порошковыми составами осуществляется на основе взаимодействия следующих факторов:

- эффекта огнепреграждения по аналогии с сетчатыми, гравийными и подобными огнепреградителями;
- охлаждения зоны горения за счет затрат тепла на нагрев частиц порошка, их частичное испарение и разложение в пламени;
- разбавления горючей среды газообразными продуктами разложения порошка или непосредственно порошковым облаком;
- ингибирования химических реакций, обуславливающих развитие процесса горения, газообразными продуктами испарения и разложения порошков или гетерогенного обрыва цепей химической реакции горения на поверхности порошков или твердых продуктов их разложения.

Взаимодействие всех этих факторов совместно и обеспечивает высокую огнетушащую способность порошкам.

**2. Недостатки порошковых систем пожаротушения.** Основными недостатками систем порошкового пожаротушения являются:

- ложное срабатывание;
- отсутствие запаса порошка для поддержания уровня безопасности от повторного воспламенения.

*2.1. Главным недостатком порошковых систем пожаротушения является ложное срабатывание.* Начнем с того, что от ложного срабатывания не гарантирована ни одна система, будь то водяная, газовая, порошковая, или аэрозольная. Однако срабатывание именно порошковых систем вызывает наибольшее неприятие со стороны потребителя и надзорных органов пожарной охраны.

И действительно, срабатывание порошковой установки пожаротушения при наличии в помещении людей может привести к нежелательным последствиям (возможны аллергические реакции, травмы людей во время эвакуации из-за оптически непрозрачной среды порошкового облака и т. п.). При этом все сертифицированные в России огнетушащие порошки имеют санитарно-эпидемиологическое заключение. Если говорить проще, для здорового человека попадание в порошковое облако никакого вреда не принесет.

Однако именно возможные ложные срабатывания (вернее, их последствия) стали причиной нормативных ограничений по применению порошковых систем пожаротушения, изложенных в п. 9.1.3 СП 5.13130.2009:

«Запрещается применение установок:

- а) в помещениях, которые не могут быть покинуты людьми до начала подачи огнетушащих порошков;
- б) в помещениях с большим количеством людей (50 человек и более)».

Помимо этого, уборка нескольких десятков килограмм порошка тоже представляет собой определенную проблему.

С другой стороны (исходя из практики работы нашей компании), абсолютно все случаи ложных срабатываний связаны с человеческой ошибкой.

Перечень ошибок весьма обширен и, наверное, их можно разделить на 3 основные группы: ошибки при проектировании, ошибки при монтаже, ошибки при эксплуатации. Где, на каком этапе функционирования системы произойдет ложное срабатывание, неизвестно никому. Единственная защита — выбор хорошо подготовленных, адекватных специалистов на все этапы работ.

Кроме того, в оправдание порошковых систем могу привести следующий пример: по информации специалистов одной из крупных фармацевтических компаний на их объектах в 2012 году произошло 10 ложных срабатываний систем пожаротушения, при этом 7 случаев пришлось на порошковые системы и 3 случая — на водяные. В случаях с порошками фармацевтическая компания понесла убытки в размере оплаты клининговых услуг (уборка порошка). В случаях срабатывания водяных систем пришлось утилизировать всю продукцию, попавшую под воздействие воды, и оплатить услуги по уборке склада. Ущерб от срабатывания водяной системы пожаротушения во много раз превысил ущерб от порошковой и составил несколько миллионов рублей.

Ну, а сравнивать порошковые системы с системами газового тушения по степени воздействия на человека вообще некорректно: газовые системы не оставляют шансов выжить, достаточно вспомнить подводную лодку «Нерпа» и отделение Сбербанка в Подольске.

*2.2. Серьезным недостатком модульных установок порошкового пожаротушения (в т. ч. и импульсных) специалисты называют отсутствие запаса порошка для поддержания уровня безопасности от повторного воспламенения.* В связи с этим особое внимание необходимо уделять правильности подхода к расчету необходимого количества МПП при проектировании автоматических установок пожаротушения. То есть установки изначально необходимо проектировать из расчета 100 % тушения. Особенно это актуально при тушении пожаров класса В.

И здесь опять на первый план выходит человеческий фактор — качество работы проектировщика. Если в процессе работы над проектом были учтены все факторы, все характеристики защищаемого объекта (с обязательным выездом на защищаемый объект), тогда с высокой долей вероятности можно надеяться на эффективное тушение. Но ведь эта проблема актуальна не только для порошковых, но и для всех остальных огнетушащих веществ (водяных, пенных, систем тонкораспыленной воды, газовых, аэрозольных).

Однако помимо недостатков, у порошков существует масса достоинств и даже преимуществ по сравнению с другими ОТВ. Рассмотрим это на примере продукции фирмы «Эпотос».

**3. Достоинства (преимущества) средств тушения, производимых группой компаний «Эпотос».** В отличие от традиционных средств тушения (водяных, пенных, газовых), система порошкового пожаротушения в силу универсальности используемого огнетушащего средства (порошка) имеет ряд преимуществ, оказывающих существенное влияние на выбор типа автоматической установки пожаротушения:

- возможность ликвидации загораний твердых горючих материалов, горючих жидкостей, газов и электроустановок под напряжением;

- возможность применения установки в неотапливаемых помещениях с температурными условиями эксплуатации от  $-50$  до  $+50$  °С, а для транспортных систем тушения «Эпотос» выпускает изделия с рабочей температурой до  $+95$  °С;

- отсутствие необходимости защиты чувствительного оборудования от повреждения водой, устройства сбора и удаления воды после срабатывания спринклерной (дренчерной) установки пожаротушения;

- порошковые системы пожаротушения неприхотливы к требованиям герметичности помещения (возможность тушения при открытых проемах и на открытых площадках).

Кроме того, при монтаже модульных установок порошкового пожаротушения не требуется наличие отдельного помещения для размещения оборудования, не требуется прокладка трубопроводов большой длины, подающих огнетушащий состав.

Средства тушения, производимые «Эпотос», нашли широкое применение на предприятиях различных отраслей промышленности, на автомобильном и железнодорожном транспорте, на подвижном составе московского и Санкт-Петербургского метрополитенов, на гражданских судах и кораблях военно-морского флота, на объектах энергоснабжения, а также для защиты личного имущества граждан. Имеется большое количество свидетельств успешных срабатываний средств и систем пожаротушения «Эпотос» при возникновении пожаров на защищаемых объектах, позволивших избежать тяжелых последствий и больших материальных потерь.

**4. Область применения порошковых и аэрозольных систем.** Из всех вышеперечисленных достоинств и недостатков огнетушащих порошков и систем на их основе можно определить их область применения. Помимо порошков я бы объединил в этот блок и аэрозольные средства тушения (схожесть с порошками выражается в высокой огнетушащей способности, простоте монтажа, дешевизне и ограниченности применения в помещениях с массовым пребыванием людей).

Область применения указана в СП 5.13130.2009. Если объединить все запреты и рекомендации, то в сухом остатке получим следующее.

1. Ограничение по функциональности (возможности тушить только определенные типы веществ):

- запрещается применять для тушения горючих материалов, склонных к самовозгоранию и тлению внутри объема вещества (циклоны деревообрабатывающих производств, бункеры с травяной мукой, кипы хлопка и т. п.);

- пирофорных веществ и материалов, склонных к тлению и горению без доступа воздуха.

2. Ограничение по безопасности: запрещается применять в крупных торговых, развлекательных центрах, спортивных сооружениях и на объектах культуры (театрах, кинотеатрах и т. п.), т. е. в помещениях с массовым пребыванием людей. С другой стороны, в комплексе этих объектов имеется целый ряд помещений, которые наиболее целесообразно защищать именно порошками и аэрозолями (встроенные трансформаторные подстанции, электрощитовые, кабельные каналы).

Помимо этого, электрощиты и электрошкафы, расположенные в помещениях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1 (школах, детских садах, домах престарелых и т. п.), согласно п. 8 табл. А.4 СП 5.13130.2009 подлежат защите автономными установками пожаротушения. А это всё те же порошки (например, огнетушитель самосрабатывающий ОСП-1), самосрабатывающие генераторы огнетушащего аэрозоля типа ГОА «Допинг-2.160п», ГОА «Допинг-2.02» и «Терма-ОТВ» (пиростикеры).

Рекомендуемая область применения порошков и аэрозолей — это производственные объекты:

- производственные цеха, склады различных материалов, в том числе неотапливаемые, а также помещения с хранением и производством взрывоопасных веществ;

- объекты топливно-энергетического комплекса:

- станции перекачки нефтепродуктов,
- сливо-наливные эстакады и т. п.;

- объекты энергетики независимо от величины напряжения на контактах электрооборудования:

- вводные ячейки трансформаторов,
- масляные выключатели (даже на открытом воздухе),

- щиты КРУН, КРУ, релейные щиты и так далее,

- камеры трансформаторов, трансформаторные пункты,

- кабельные каналы, туннели, короба и так далее,

- главные щиты, диспетчерские, вычислительные центры;

- складские, технологические и бытовые помещения любой площади, в том числе взрывоопасные;



– карьерная техника (экскаваторы, бульдозеры, грейдеры, погрузчики и т. п.), пассажирский транспорт (автобусы, трамваи, троллейбусы), грузовой транспорт, в том числе для перевозки опасных грузов.

Из объектов гражданского строительства это гаражи, автостоянки, небольшие магазины, киоски, не попадающие под требование «50 человек и более».

**5. Методики расчета порошковых систем пожаротушения.** Расчет необходимого количества модулей проводится по методике, изложенной в приложении «И» СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования». В основу данной методики заложены показатели, заявленные производителем, — площадь и объем тушения, используемые в расчетах и проверяемые на стандартных очагах класса 2В.

Для абсолютного большинства объектов подобный подход оправдан и проверен временем: группа компаний «Эпотос» имеет десятки положительных отзывов о результатах тушения порошковыми модулями «Буран», рассчитанными и составленными на объекте согласно вышеуказанной методике.

Однако применение данных методик расчета для пожаров, где возможен пролив достаточно больших объемов горючих жидкостей (бензина, дизельного топлива, керосина и т. п.), неприемлемо. Это связано в основном с разницей в конвективных потоках, образующихся при горении разного количества горючих жидкостей (представьте себе площадку диаметром 20 см (очаг 2В) и очаг 223В (диаметр очага — 3 м)). Потушить очаг 2В можно, например, плотно накрыв его листом железа. К очагу 223В можно подойти только в специальных теплоотражательных костюмах и потушить его вручную можно только огнетушителями большой емкости.

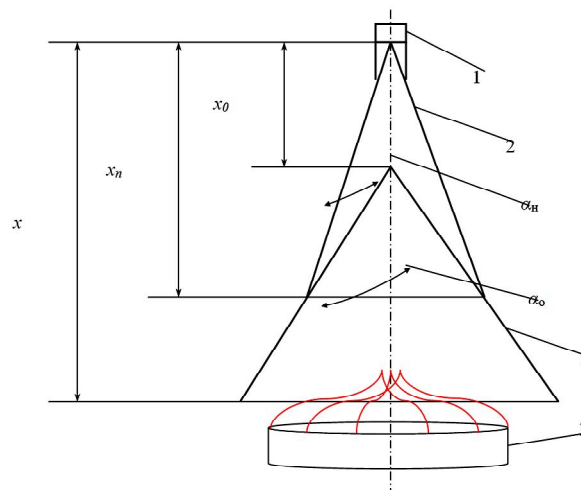
Поэтому для тушения возможных проливов специалистами Академии ГПС МЧС РФ совместно с ГК «Эпотос» была разработана методика расчета необходимого количества модулей порошкового пожаротушения. Схема порошковой струи приведена на рис. 1.

Алгоритм расчета:

- 1) рассчитывается объем пламени;
- 2) рассчитывается скорость восходящих потоков;
- 3) рассчитывается скорость газопорошковой струи в зоне горения;
- 4) проводится проверка условия преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков;
- 5) рассчитывается минимально необходимое количество МПП для защиты помещения (наружной установки).

При этом необходимо учитывать, что в проекте новой редакции СП 5.13130.2009 для туше-

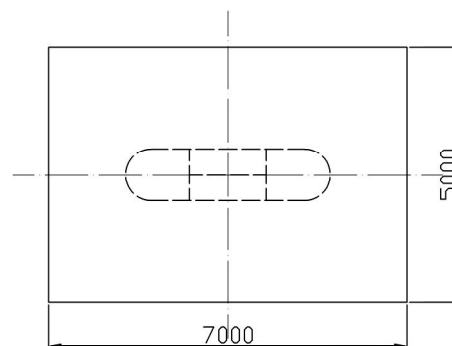
ния проливов нефтепродуктов расчет количества модулей ведется по пункту И.3.2.1, при этом в качестве  $S_H$  должна приниматься площадь максимального ранга очага класса В, тушение которого обеспечивается данным модулем (определяется по документации на модуль), а  $S_V$  — площадь возможного пролива.



**Рис. 1.** Схема порошковой струи:  
1 — распылитель; 2 — границы струи;  
3 — модельный очаг пожара;  
 $\alpha_n$  — угол расширения в начальном участке;  
 $\alpha_0$  — угол расширения в основном участке;  
 $x_0$  — расстояние от среза насадка до полюса;  
 $x_n$  — расстояние от среза насадка до границы между переходным и основным участками;  $x$  — продольная координата струи

Пример расчета количества МПП для защиты наружной установки, произведенный согласно «Рекомендации по выбору и расчету минимально необходимого количества модулей порошкового пожаротушения импульсного действия при тушении проливов горючих жидкостей».

Для примерного расчета наружной установки принимается расположенная в Москве топливо-раздаточная колонка Нара-28Б блочной АЗС, схема которой приведена на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема защищаемой наружной установки

**6. Технические характеристики топливо-раздаточной колонки Нара-28Б:** номинальный расход, л/мин, — 50; длина раздаточного рукава, м, — 4;

габаритные размеры, мм, — 736×460×2400; масса, кг, — 135; высота крепления МПП — 3,5 м.

6.1. Расчет площади пожара на момент срабатывания МПП. Согласно п. 3.3.1 указанных рекомендаций, происходит утечка бензина через раздаточный рукав в течение 300 с расходом 50 л/мин. 1 литр бензина разливается на 0,15 м<sup>2</sup> поверхности. Таким образом, бензин разольется на площадь 37,5 м<sup>2</sup>.  $S_{II}$  будет равна 37,5 м<sup>2</sup>.

6.2. Расчет объема пламени. Высота пламени будет равна

$$z = 0,08(mQ_H S_{II})^{0,4} = 0,08(61,7 \cdot 10^{-3} \cdot 41870 \cdot 37,5)^{0,4} = 7,9 \text{ м.}$$

Объем пламени при проведении расчетов ограничен высотой установки МПП и будет равен

$$V_{nl} = S_{II} z = 37,5 \cdot 7,9 = 296 \text{ м}^3.$$

6.3. Расчет скорости восходящих конвективных потоков над очагом горения. Так как высота крепления МПП  $H = 3,5$  м меньше высоты пламени возможного пожара  $z = 7,9$  м, то скорость восходящих конвективных потоков определяем по формуле (3.5) рекомендаций:

$$\omega_{восх} = 6,83x^{0,5} = 6,83 \cdot 3,5^{0,5} = 12,8 \text{ м/с.}$$

6.4. Расчет скорости газопорошковой струи в зоне горения. Предварительный расчет ведем по модулю «Буран-8СВ», заряженному порошком «Вексон АВС-50». Определяем тангенс половины угла расширения на начальном участке порошковой струи:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \frac{\alpha_H}{2} &= k_n (d_0 \cdot 10^3)^{0,25} \varepsilon_c^{0,27} (\rho_n \cdot 10^{-3})^{-0,15} = \\ &= 0,105 \cdot 65^{0,25} \cdot 0,487^{0,27} \cdot 1,75^{-0,15} = 0,226. \end{aligned}$$

Определяем расстояние от выходного насадка МПП до границы между зонами:

$$\begin{aligned} x_1 &= \frac{1,8d_0}{\operatorname{tg} \frac{\alpha_H}{2}} \sqrt{\frac{(1-\varepsilon_0)\rho_n}{\rho}} = \\ &= \frac{1,8 \cdot 0,065}{0,226} \sqrt{\frac{36,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1750}{1,22}} = 3,76 \text{ м.} \end{aligned}$$

Начальную скорость газопорошковой струи определяем по формуле

$$\begin{aligned} \omega_{n_0} &= \frac{V_c P_{вск} \varepsilon_c}{S_{нас} \tau_{вых.л.} P_{атм}} = \\ &= \frac{7,8 \cdot 10^{-3} \cdot 2,8 \cdot 0,487}{3,32 \cdot 10^{-3} \cdot 1 \cdot 0,1013} = 31,6 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

Так как высота крепления МПП  $H = 3,5$  м меньше расстояния до границы между зонами  $x_1 = 3,76$  м, то расчет скорости газопорошковой струи ведем по формуле (3.9) рекомендаций:

$$\begin{aligned} \omega_\phi &= \frac{0,55\omega_{n_0}}{\sqrt{\frac{\rho}{(1-\varepsilon_0)\rho_n} \operatorname{tg} \frac{\alpha_H}{2} \left( \frac{x-0,183x_1}{d_0} \right)}} = \\ &= \frac{0,55 \cdot 31,6}{\sqrt{\frac{1,22}{36,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1750} \cdot 0,226 \left( \frac{2,68-0,183 \cdot 3,76}{0,065} \right)}} = 18,2 \text{ м/с.} \end{aligned}$$

6.5. Проверка условия преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков:

$$\omega_\phi \geq \omega_{восх} + 0,5\omega_{вет} + \omega_{зан};$$

$$18,2 > 12,8 + 0,5 \cdot 3,9 + 2.$$

Так как условие преодоления газопорошковой струи восходящих конвективных потоков выполняется, то принимаем МПП «Буран-8СВ» для защиты данной установки.

6.6. Расчет количества МПП для защиты установки. Количество МПП, необходимое для пожаротушения, определяем по формуле

$$N = \frac{V_y}{V_H} k_1 k_2 k_3 k_4 = \frac{144,4}{21,9} \cdot 1,2 \cdot 1,3 = 10,3 \approx 11 \text{ шт.},$$

где  $V_y$  — защищаемый объем, м<sup>2</sup>. Защищаемый объем определяется как произведение площади зоны, где возможен пролив ЛВЖ (ГЖ) (открытое зеркало), увеличенной на 10 %, на высоту размещения МПП;  $V_H$  — объем сплошного пламени очага класса В, тушение которого обеспечивается данным МПП, м<sup>3</sup>.

Таким образом, для тушения разлива бензина площадью 37,5 м<sup>2</sup> требуется установить 11 модулей порошкового пожаротушения «Буран-8У».

**Выводы.** В работе на примере продукции фирмы «Эпотос» доказываются преимущества порошковых систем пожаротушения по сравнению с другими ОТВ, в частности:

- возможность ликвидации загораний твердых горючих материалов, горючих жидкостей, газов и электроустановок под напряжением;
- возможность применения установки в неотапливаемых помещениях с температурными условиями эксплуатации от -50 до +50 °С, а для транспортных систем тушения «Эпотос» выпускает изделия с рабочей температурой до +95 °С;
- отсутствие необходимости защиты чувствительного оборудования от повреждения водой, устройства сбора и удаления воды после срабатывания спринклерной (дренчерной) установки пожаротушения;
- порошковые системы пожаротушения неприхотливы к требованиям герметичности помещения (возможность тушения при открытых проемах и на открытых площадках).

Подробно рассматривается область применения порошковых и аэрозольных систем, ограничения по функциональности и безопасности.

Приводится методика расчета необходимого количества модулей порошкового пожаротушения,

разработанная специалистами Академии ГПС МЧС России совместно с ГК «Эпотос». Дается пример расчета количества МПП для защиты наружной

установки в качестве которой принимается расположенная в Москве топливораздаточная колонка Нара-28Б блочной АЗС.

## MODERN POWDER FIRE EXTINGUISHING SYSTEMS

**Maklecov A. K.,**

Head of marketing department,

«EPOTOS» Group;

Russia, Moscow, tel.: (495) 788-5414, 916-6116, e-mail: mac@epotos.ru

*The increasing distribution among the fire-extinguishing substances are obtained powder extinguishing compositions. In the example of the production of firm «Epotos» proven benefits of powder fire extinguishing systems in comparison with the other. Detail on the scope of powder and aerosol systems, restrictions on the functionality and security. The method of calculating the required number of fire extinguishing modules, developed by the specialists of the Academy of state fire service in conjunction with SC «Epotos». Gives an example of calculation of quantity of the PPM for the protection of the outdoor installation as which is located in Moscow fuel dispenser Nara-28B block the gas station.*

**Keywords:** systems of fire extinguishing, restrictions on the functionality, security restrictions, the calculation of a number of modules, method of calculation, fire protection and outdoor installation.

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ



В рамках реализации федеральной целевой программы «Создание системы обеспечения вызова экстренных оперативных служб по единому номеру «112» в Российской Федерации на период 2013—2017 годы» в декабре 2013 года на базе Воронежского института создан инновационный центр обучения персонала системы «112».

В состав центра обучения входят: класс обучения персонала центра обеспечения вызовов и единых дежурно-диспетчерских служб и класс обучения персонала дежурно-диспетчерских служб, вместимостью по 10 рабочих мест каждый.

Классы оснащены современными системами отображения информации, видеоконференцсвязи, мультимониторными автоматизированными рабочими местами обучаемых, полностью моделирующими рабочее место оператора центра обработки вызовов и дежурно-диспетчерских служб, настенными информационными стендами.

Центр обучения позволяет решать следующие задачи:

- обучение персонала системы «112» приёму, обработке и регистрации поступающих сообщений от населения, организаций, дежурно-диспетчерских и аварийных служб, систем контроля пожарной обстановки;
- изучение комплекса мероприятий по обработке зарегистрированных сообщений о происшествии: контроль состояния и местоположения расчетов, высылка расчетов на обработку происшествий;
- изучение комплекса мероприятий по организации взаимодействия дежурно-диспетчерских служб, входящих в состав системы «112»;
- обучение персонала системы «112» формированию и выдаче различного рода статистической информации любой периодичности;
- обучение персонала протоколированию действий сотрудников службы по управлению силами и средствами, задействованными в обработке каждого зарегистрированного происшествия.

Данный центр является уникальным и не имеет аналогов на территории центрально-черноземного региона.

Обучение специалистов планируется осуществлять с использованием специализированного программного обеспечения «ЕДДС-Протей», ICL (АйСиЭл), «Стинс Коман» и «Исток-СМ».

## ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ

О. Ю. Демченко, И. Я. Удилова, С. А. Шевцов

*Рассмотрены основные формы информирования населения. Выделены и обобщены основные характеристики информации о чрезвычайной ситуации. Рассмотрены психологические закономерности восприятия и переработки людьми информации в условиях чрезвычайной ситуации, а также формы работы специалистов психологической службы в области информирования населения в условиях чрезвычайной ситуации.*

**Ключевые слова:** информирование населения, информация о чрезвычайных ситуациях, субъективная информация, психологическая служба в области информирования населения в условиях чрезвычайной ситуации.

**Введение.** В Российской Федерации продолжает сохраняться тенденция ежегодного роста числа чрезвычайных ситуаций, обусловленных опасными природными явлениями, стихийными бедствиями, авариями и техногенными катастрофами. Это зачастую влечет за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности человека. Одной из важнейших задач выполнения мероприятий по защите населения при угрозе или возникновении стихийных бедствий, крупных производственных аварий и катастроф является своевременное информирование населения о возможной либо уже сложившейся обстановке, правилах поведения и способах защиты.

Так, согласно «Концепции создания комплексной системы информирования и оповещения населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций», информирование населения — дове-

дение до населения информации о прогнозируемых и возникших чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера, мерах по обеспечению безопасности населения и территорий, приемах и способах защиты, а также проведение пропаганды в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечения пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах по средствам массовой информации и по иным каналам. Необходимо отметить, что информирование населения в отличие от оповещения населения не требует немедленного принятия мер по защите населения и, согласно законодательству Российской Федерации, является обязанностью всех федеральных органов государственной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления и организаций [1].

**1. Формы информирования населения.** На сегодняшний день существуют разнообразные формы информирования населения, такие как:

1) вербальное информирование — проводится, главным образом, в форме публичных выступлений руководителей информационных структур территориальных органов, представителей надзорных органов и других служб МЧС России, а также лекторов по тематике безопасности жизнедеятельности перед различными группами населения с использованием таких форм, как лекции, семинары, конференции, тематические вечера, вечера вопросов и ответов, викторины, научные консультации, встречи со специалистами, игровые и обучающие занятия для детей, подростков и молодежи;

2) информирование путем публикации в периодических и других изданиях выступлений руководства МЧС России, авторитетных экспертов в области безопасности жизнедеятельности, ученых, представителей общественных организаций, а также издание пособий, брошюр, памяток по правилам поведения в условиях опасных и чрезвычайных ситуаций;

---

**Демченко Ольга Юрьевна**, канд. психол. наук, ст. научный сотрудник отделения информационного обеспечения и информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности, Уральский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Екатеринбург, тел.: 8-922-112-79-16; e-mail: olga-dem78@mail.ru

**Удилова Инна Яковлевна**, ст. научный сотрудник — начальник отделения информационного обеспечения и информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности; Уральский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Екатеринбург, тел.: 8-912-676-47-79; e-mail: inna-udilova@yandex.ru

**Шевцов Сергей Александрович**, канд. техн. наук, ст. научный сотрудник — начальник отделения информационного обеспечения населения и технологий информационной поддержки РСЧС и пожарной безопасности, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: 8-920-212-20-43; e-mail: shevtsov\_sa@vigps

3) информирование через СМИ (электронные и печатные) — осуществляется с использованием всех возможных информационных ресурсов (информационные агентства, телевидение, радио, газеты, журналы). К основным формам информирования через СМИ относятся: тематические рубрики в печатных СМИ, на сайтах информационных агентств, в печатных СМИ; специальные репортажи; циклы телевизионных и радиопрограмм с участием экспертов;

4) опосредованная реклама — находит свое выражение в организации стационарных и передвижных выставок, оборудовании комнат, классов, музеев, стендов.

К средствам массовой информации в условиях чрезвычайной ситуации относятся радио, телевидение, интернет, сотовая связь, то есть большая часть социальной коммуникации, выполняющая устные, письменные, аудиовизуальные функции. Однако непосредственно пострадавшее население в период ликвидации чрезвычайной ситуации может не иметь доступа к телевидению или интернету, газеты же не обладают большой оперативностью, в связи с этим представляется возможным использование телефонов горячих линий, а также непосредственной информационно-психологической работы с населением.

Безусловно, если речь идет об информировании населения о чрезвычайных ситуациях и пожарах, то в этом контексте очень важен учет особенностей влияния такой информации или ее отсутствия на население. Так, хаотичное распространение информации о чрезвычайной ситуации может привести к серьезным негативным процессам в обществе, таким как слухи, паника и др.

Психологи МЧС России отмечают, что воздействие новостных программ ощущают на себе люди с разным уровнем образования, возрастным и социальным положением. Особо в этом ряду выделяются телезрители, поскольку зрительные стимулы в совокупности со всеми остальными, дают наибольшую эмоциональную нагрузку на психику человека и вызывают наибольший эмоциональный отклик. Так, у людей, просматривающих выпуски новостей со специальными репортажами о чрезвычайных ситуациях и катастрофах, наблюдается симптоматика, схожая с симптоматикой пострадавших людей, оказавшихся в эпицентре подобных событий. Информация о чрезвычайных происшествиях в данном случае «примеривается» на себя и своих близких. Специалисты психологической службы МЧС России выделяют телезрителей в группу «вторично пострадавших» в чрезвычайной ситуации. В то же время отсутствие информации об обстоятельствах происходящего дает плодородную почву для фантазий и домыслов. Согласно исследованиям П. В. Симонова, при дефиците наличной информации появляется отрицательная эмоция, достигающая максимума в случае полного отсутствия информации. Положительная эмоция возника-

ет, когда наличная информация превышает информацию, необходимую для удовлетворения данной потребности.

Таким образом, в ряде случаев знания, информированность личности снимают эмоции, изменяют эмоциональный настрой и психическое состояние личности, открывают доступ к внутренним ресурсам человека [5].

**2. Основные характеристики информации о ЧС.** Заметим, что СМИ передают не только объективную, но и субъективную информацию, так как содержание информации — результат процесса мышления [4]. Субъективная же информация в большей степени будет отражать не столько сам предмет информации, сколько специфику ее восприятия. Общение посредством СМИ, как отмечают некоторые исследователи [3, 8] предполагает отсутствие обратной связи между коммуникатором (ведущим телепередачи, автором программы) и массовой аудиторией (разными группами населения, получающими видеoinформацию, речевое, тестовое или аудиовизуальное послание о действиях в условиях ЧС). Это происходит вследствие односторонности передачи информации и утраты части ее содержания в процессе, чему способствуют различные факторы, в частности психологические особенности восприятия, неготовность объекта к приему информации, технические помехи.

Итак, к основным характеристикам информации о чрезвычайных ситуациях можно отнести:

– оперативность, то есть своевременность доведения информации до населения; В случае крупномасштабной ЧС необходимо заявление общественного лидера, поскольку чем быстрее прозвучит именно оценка ситуации лидером, тем меньше слухов и домыслов будет звучать в СМИ, тем скорее население поверит, что ситуация под контролем. Тогда в зоне бедствия, что крайне важно, будет меньше панически настроенных людей, и ситуация станет управляемой;

– открытость и достоверность. Отсутствие или неполная информация является основной причиной напряженности, агрессии, домыслов, слухов, возникновения массовой паники. Дефицит информации, ее недостоверность, противоречивость порождают недоверие населения к официальным источникам. Недобросовестная информационная работа может стать причиной недоверия к представителям власти. Образовавшийся вакуум быстро заполняется неофициальной информацией, что приводит к появлению слухов, преувеличений, окрашенных эмоциями. В связи с этим информационные сообщения для жителей населенных пунктов, подвергшихся стихийному бедствию, должны проходить оперативную психологическую экспертизу;

– четкость. Информация должна предоставляться так, чтобы ее понимала целевая аудитория. Грамотное освещение чрезвычайной ситуации (пожара) дает населению уверенность в том, что ситуация под контролем, что делается все необхо-

димое для спасения людей и оказания им необходимой помощи;

– непрерывность. Если информация не обновляется регулярно, то она забывается или сбивается с толку. В каждом выпуске новостей, на лентах информационных агентств, в газетах и интернете должны размещаться последние сведения о пострадавших, горячих линиях, больницах, пунктах эвакуации, выдачи продуктов питания, питьевой воды, гуманитарной помощи и т. д.;

– объективность. Информация в СМИ должна исходить от официальных лиц. Необходимо приглашать для комментариев руководителей, экспертов и других официальных лиц, непосредственно отвечающих за конкретные участки работы. Важно, чтобы информация из различных источников не противоречила друг другу, это подрывает доверие населения к информации. Если новые факты противоречат прежним заявлениям, необходимо признать данный факт, но сообщить что будет конкретно сделано по этому поводу.

Необходимо отметить, что повышение качества оперативного информирования населения через СМИ и интернет требует увеличения объемов и периодичности подачи информации (в том числе фото- и видеоматериалов) с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий. В этих целях используются такие современные информационные ресурсы, как:

– онлайн-рубрика «режим ЧС» на официальном портале МЧС России, информационный интернет-телеканал «МЧС-112»;

– трансляция видео- и фотосъемки из зоны ЧС посредством Интернет и спутниковой связи;

– распространение предупреждений по разработанным шаблонам с помощью SMS и MMS;

– передача карты пожаров в регионы с помощью GPS-навигаторов для водителей автомобилей при их въезде в населенный пункт, другие имеющиеся системы и серверы.

Важное значение в этой деятельности отводится интернет-порталам (сайтам территориальных органов) которые должны работать в режиме

информационного агентства и являться для журналистов и представителей социальных медиа главным источником оперативной и достоверной информации.

**3. Формы работы специалистов психологической службы.** На сегодняшний день существуют различные формы работы специалистов психологической службы в области информирования населения в условиях чрезвычайной ситуации. Одной из таких форм является информационно-психологическая поддержка. Она направлена на создание системы информирования и профилактики развития слухов; информирование пострадавших, а также их близких об особенностях психического состояния и возможной динамике его изменения. Результатом работы специалиста является коррекция актуального психического состояния. Основным инструментом является достоверная, своевременная, достаточная, доступная, однозначная информация о сложившейся ситуации и прогнозе её развития, а также профессиональные методы и техники [2].

Другой, не менее важной формой работы психолога МЧС является дистанционная информационно-психологическая поддержка, заключающаяся в работе с пострадавшими, а также другими людьми, вовлеченными в ситуацию, осуществляемая по телефону горячей линии и направленная на психологическую поддержку, профилактику возникновения негативных социальных явлений, профилактику развития слухов, результатом которой является коррекция актуального психического состояния.

**Выводы.** Таким образом, при информировании населения в условиях ЧС для всех источников информации следует готовить соответствующие рекомендации, основанные на знаниях психологических закономерностей восприятия и переработки людьми информации в условиях стресса.

Необходимо продолжать изучать и обобщать опыт (в том числе и зарубежный) психологического информационного воздействия на население в период различных ЧС.

#### Библиографический список

1. **Концепция** создания комплексной системы информирования и оповещения населения при угрозе и возникновении чрезвычайных ситуаций (принята протоколом заседания Правительственной комиссии по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций и обеспечению пожарной безопасности от 18.06.2013 № 4) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: официальный сайт. — ([http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_157081](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157081)). — (20.12.2013).

2. **О Порядке оказания экстренной психологической помощи пострадавшему населению в зонах чрезвычайных ситуаций и при пожарах** [Электронный ресурс]: межведомственная инструкция [утв. Правительственной комиссией по предупреждению и ликвидации ЧС и обеспечению пожарной безопасности, протокол от 19.12.2012 № 9] // МЧС России: официаль-

#### References

1. **Koncepciya** sozdaniya kompleksnoj sistemy informirovaniya i opoveshheniya naseleniya pri ugroze i vznikovenii chrezvychajnyx situacij (prinyata protokolom zasedaniya Pravitel'stvennoj komissii po preduprezhdeniyu i likvidacii chrezvychajnyx situacij i obespecheniyu pozharnoj bezopasnosti ot 18.06.2013 № 4) [E'lektronnyj resurs] // Konsul'tantPlyus: oficial'nyj sajt. — ([http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_157081](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_157081)). — (20.12.2013).

2. **O Poryadke okazaniya e'kstretnoj psixologicheskoj pomoshhi postradavshemu naseleniyu v zonax chrezvychajnyx situacij i pri pozharax** [E'lektronnyj resurs]: mezhvedomstvennaya instrukciya [utv. Pravitel'stvennoj komissiej po preduprezhdeniyu i likvidacii ChS i obespecheniyu pozharnoj bezopasnosti, protokol ot 19.12.2012 № 9] // MChS Rossii: oficial'-



ный сайт. — (<http://www.mchs.gov.ru/document/396339>). — (20.12.2013).

3. **Богомолова, Н. Н.** Социальная психология печати, радио и телевидения / Н. Н. Богомолова. — М.: МГУ, 1991. — 125 с.

4. **Брайант, Дж.** Основы воздействия СМИ / Дж. Брайант, С. Томпсон. — Вильямс, 2004. — 432 с.

5. **Ильин, Е. П.** Эмоции и чувства / Е. П. Ильин. — СПб, 2001. — 752 с.

6. **Информационно-коммуникативные технологии обеспечения безопасности жизнедеятельности** / под общ. ред. П. А. Попова. — М.: ФГУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2009. — 272 с.

7. **Оповещение и информирование в системе мер гражданской обороны, защиты от чрезвычайных ситуаций и пожарной безопасности** / под общ. ред. Г. Н. Кириллова. — М.: Институт риска и безопасности, 2011. — 320 с.

8. **Шадриков, В. Д.** Информационно-телекоммуникационные технологии в образовании / В. Д. Шадриков // ИТТО-2002: материалы междунар. конф. — М., 2002.

nyj sajt. — (<http://www.mchs.gov.ru/document/396339>). — (20.12.2013).

3. **Bogomolova, N. N.** Social'naya psixologiya pechati, radio i televideniya / N. N. Bogomolova. — M.: MGU, 1991. — 125 s.

4. **Brajant, Dzh.** Osnovy vozdejstviya SMI / Dzh. Brajant, S. Tompson. — Vil'yams, 2004. — 432 s.

5. **Il'in, E. P.** E'mocii i chuvstva / E. P. Il'in. — SPb, 2001. — 752 s.

6. **Informacionno-kommunikativnye tehnologii obespecheniya bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti** / pod obshh. red. P. A. Popova. — M.: FGU VNII GOChS (FC), 2009. — 272 s.

7. **Opoveshhenie i informirovanie v sisteme mer grazhdanskoj oborony, zashhity ot chrezvychajnyx situacij i pozharnoj bezopasnosti** / pod obshh. red. G. N. Kirillova. — M.: Institut riska i bezopasnosti, 2011. — 320 s.

8. **Shadrikov, V. D.** Informacionno-telekommunikacionnye tehnologii v obrazovanii / V. D. Shadrikov // ITTO-2002: materialy mezhdunar. konf. — M., 2002.

## PSYCHOLOGICAL PECULIARITIES OF INFORMING POPULATION IN EMERGENCIES

**Demchenko O. Yu.,**

PhD in Psychological, Senior Research fellow,  
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Yekaterinburg, tel.: 8-922-112-79-16; e-mail: olga-dem78@mail.ru

**Udilova I. Ya.,**

Senior Research fellow — Head of department,  
Ural Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Yekaterinburg, tel.: 8-912-676-47-79; e-mail: inna-udilova@yandex.ru

**Shevcov S. A.,**

PhD in Engineering, Senior Research fellow, Head of department,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, tel.: 8-920-212-20-43; e-mail: shevtsov\_sa@vigps

*The article describes the main forms of public informing. It is focused on and summarized the main characteristics of the emergency information. It is examined the psychological patterns of perception and information processing of people in emergency situations, as well as forms of psychological service specialists in the field of public information in an emergency situation.*

**Keywords:** public informing, information about emergencies, subjective information, forms of psychological service experts in the field of public information in an emergency situation.

---

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ СООБЩЕНИЯ

19—20 марта в ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ) (г. Москва, ул. Давыдовская, д.7) состоится общественное обсуждение проектов технических требований и проектов нормативно-технических документов по проектированию информационно-коммуникационных технологий, разработки и внедрению систем диспетчеризации системы «112» в субъектах Российской Федерации.

Целью разработки документов является унификация межведомственного, межуровневого и

межсетевого информационного взаимодействия в системе «112» и обеспечение единства технической политики в этом вопросе.

На общественном обсуждении будут рассмотрены проекты нормативных, регламентирующих документов, типовых положений, соглашений, регламентов, технических протоколов и требований к обмену данными при межведомственном, межсубъектовом, межсетевом информационном взаимодействии в системе «112», разработанные в 2013 г.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНУСООБРАЗНЫХ ФИЛЬТРОВАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ПЫЛЕВИДНЫХ ВЫБРОСОВ ПРОИЗВОДСТВА ПО РЕМОНТУ И ОБСЛУЖИВАНИЮ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Е. В. Романюк, Н. В. Пигловский, Ю. В. Красовицкий

*Предлагаются новая конструкция фильтра, позволяющая повысить эффективность очистки от пыли, и математическая модель, позволяющая прогнозировать изменения основной рабочей характеристики – обший перепад давлений на конусообразном фильтре. Приведены результаты экспериментальных исследований.*

**Ключевые слова:** фильтр, фильтрование, очистка, пыль, пылегазовый поток.

**Введение.** В соответствии с экологической стратегией ОАО «РЖД» на период до 2030 года реализация комплекса природоохранных мероприятий, включающих в том числе снижение выбросов вредных веществ в атмосферу от стационарных источников, является одной из приоритетных задач железнодорожной отрасли. Железнодорожный транспорт занимает второе место по доле выбросов в атмосферу из стационарных источников и насчитывает их более 35 970; треть из загрязняющих атмосферу веществ приходится на пылевидные загрязнения различной дисперсности [1].

Понижение объема пылевых выбросов одновременно с увеличением финансирования вопросов экологической политики свидетельствует о необходимости тщательного и взвешенного решения проблемы очистки воздуха от пыли на предприятии, дает новые инструменты в руки руководителя для правильного выбора системы очистки воздуха.

Особым фактором при решении проблем пылеулавливания выступает дисперсность частиц, улавливаемых системами, которая не всегда соответствует растущим требованиям. Наиболее опасная пыль имеет субмикронные размеры, а многие ученые поднимают вопрос о влиянии наночастиц пыли на организм человека.

---

**Романюк Елена Васильевна**, канд. техн. наук, доц. кафедры пожарной безопасности технологических процессов,

Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: scercso@mail.ru

**Пигловский Николай Викторович**, специалист, Воронежский вагоноремонтный завод филиала ОАО «Вагонремаш»;

Россия, г. Воронеж, e-mail: scercso@mail.ru

**Красовицкий Юрий Владимирович**, д-р техн. наук, проф. кафедры технологии жиров, процессов и аппаратов химических и пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий;

Россия, г. Воронеж, e-mail: scercso@mail.ru

---

© Романюк Е. В., Пигловский Н. В., Красовицкий Ю. В., 2014

Далеко не все существующие фильтры задерживают такую пыль, тем более могут выдержать перепады давлений, возникающие на фильтровальных перегородках в процессе фильтрования и регенерации. Связанные зернистые фильтровальные структуры позволяют добиться максимальной степени очистки и применимы на многих участках предприятий по обслуживанию железнодорожного транспорта [1].

Целью проводимой работы является научное обоснование и разработка методов проектирования высокоэффективного пылеулавливающего оборудования на основе зернистых фильтровальных структур для решения проблемы охраны атмосферного воздуха в районах расположения предприятий по обслуживанию и ремонту железнодорожного транспорта.

**1. Конструкция фильтровального элемента.** В рамках работы были рассмотрены особенности производственного процесса на вагоноремонтном заводе с точки зрения образования пылегазовых потоков, осуществлена инвентаризация источников пыли и проведен микроскопический анализ пробы пыли на различных участках.

Микроскопический анализ пробы пыли (химический состав: окислы железа, марганца, хрома, цинка, титана, тория, двуокись кремния, медь, алюминий, свинец, кальций, магний, фтористые соединения, окись углерода, аргон) на участке ремонта автосцепного оборудования (рис. 1) показал, что средний размер пыли составляет  $\bar{d}_m = 0,01-0,05$  мкм.

Для работы с пылью такого размера необходимы фильтры тонкой очистки; как вариант это могут быть пористые металлокерамические перегородки [3].

Особый интерес на этом фоне представляют технологические системы на основе зернистых фильтров для улавливания пыли высокой дисперсности, их рациональное проектирование с учетом представленных исходных данных производственного процесса [4].

На основании проведенного анализа данных по фильтрованию через твердые пористые перего-

родки была предложена конструкция фильтровального элемента (патент № 105200) [5], совмещающего в себе эффект фильтрации и циклонирования (рис. 2), в котором корпус выполнен в виде усеченного конуса, расширяющегося к низу, а фильтровальный элемент — сужающегося.

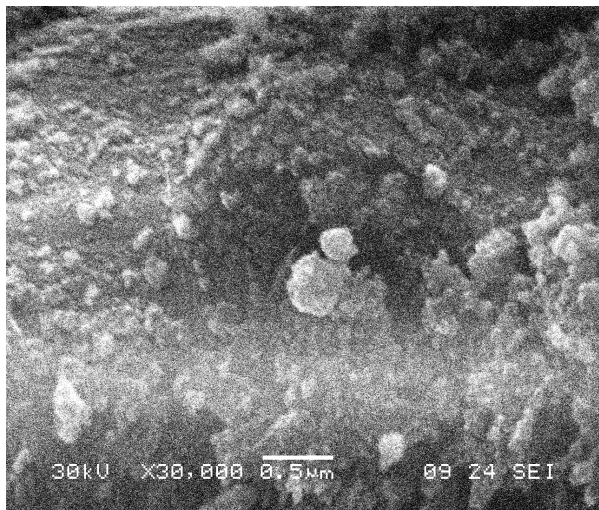


Рис. 1. Микрофотография пробы пыли с участка ремонта автосцепки вагоноремонтного завода

В данном элементе центробежная сила  $P_c$ , действующая на частицы пыли, направлена нормально по отношению к оси вращения пылегазового потока и в связи с непараллельностью стенки камеры запыленного газа и оси вращения  $P_c$  раскладывается на две составляющие: нормальную составляющую  $P_n$  (силу давления) и тангенциальную составляющую  $P_\tau$ . Сила давления частицы на стенку  $P_n$  уменьшается, что снижает вероятность отскока частицы от стенки. Появление тангенциальной составляющей центробежной сила  $P_\tau$  приводит к росту результирующей силы, обуславливающей ее движение вниз.

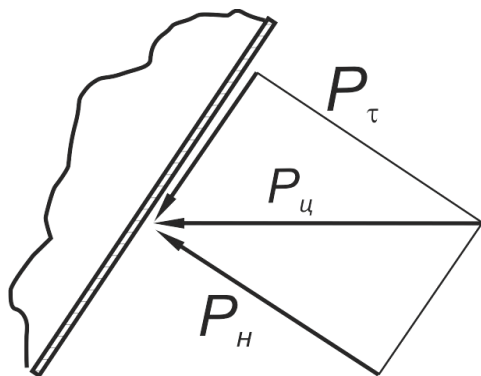


Рис. 2. Схема к модулю «фильтр-циклон»

Результаты работы фильтровальных элементов конической и традиционной цилиндрической формы различного типа представлены в виде графических зависимостей  $\Delta P = f(\tau)$  и  $K = f(\tau)$  на рис. 3—4.

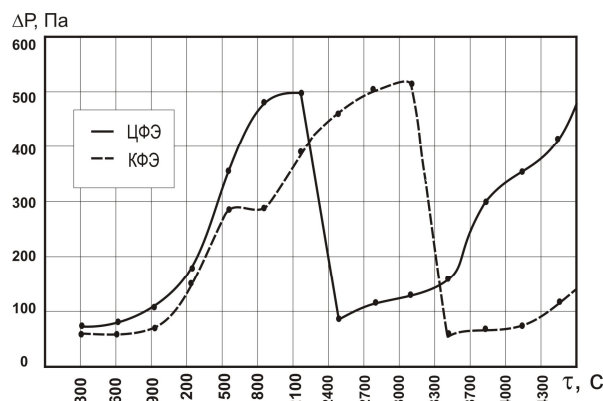


Рис. 3. Зависимости  $\Delta P = f(\tau)$  для конусообразного и цилиндрического фильтровального элемента при  $x_n = 3,27 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ ,  $R'_{ф.н.} = 0,18 \text{ м}$ ,  $R''_{ф.н.} = 0,1 \text{ м}$  (конусообразный ФМ)

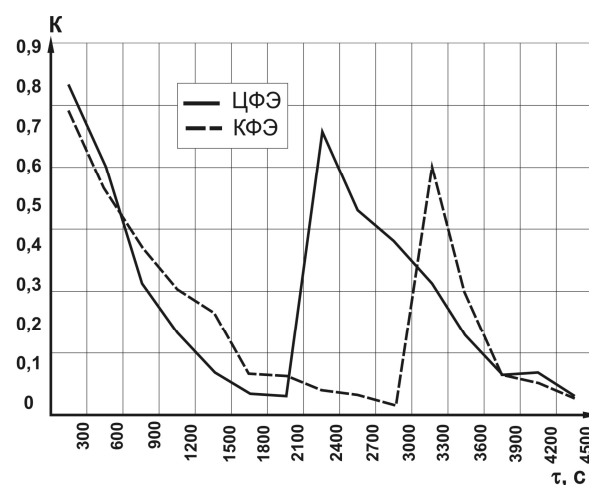


Рис. 4. Зависимости  $K = f(\tau)$  для конусообразного и цилиндрического фильтровального элемента при  $x_n = 3,27 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3$ ,  $R'_{ф.н.} = 0,18 \text{ м}$ ,  $R''_{ф.н.} = 0,1 \text{ м}$  (конусообразный ФМ)

Использование вместо фильтровальных элементов традиционной цилиндрической формы конических фильтровальных элементов позволяет снизить гидравлическое сопротивление на фильтре и увеличить эффективность. Полученные зависимости позволили сделать вывод о циклах фильтрации и регенерации предложенной модели конусообразного фильтровального элемента.

На основании экспериментов были получены данные, позволяющие выяснить продолжительность обратной продувки  $\tau_{рес}$  для зернистых слоев с сохранением необходимой высоты автофильтра  $h_{ос}$  и рекомендовать режимы фильтрации и регенерации [4].

**2. Изменение общего перепада давлений.** Важнейшей характеристикой процесса фильтрации является общий перепад давлений на фильтровальной перегородке, значения которого определяют режим эксплуатации фильтровальной системы.

Предварительные теоретические исследования позволили предположить, что при фильтрации полидисперсных аэрозолей на поверхности образуется осадок, который задерживает наиболее

тонкие фракции, при этом проскок пыли меняется с течением времени  $dK/d\tau = 0$ . Для анализа изменения общего перепада давлений в зависимости от продолжительности фильтрования на конусообразном фильтровальном элементе была предложена зависимость [1]:

$$\Delta P_{\text{общ.кон.}} = r_{\phi} \cdot (R'_{\phi.в.} + R''_{\phi.в.})w \cdot \ln \frac{R'_{\phi.н.} + R''_{\phi.н.}}{R'_{\phi.в.} + R''_{\phi.в.}} + \frac{1}{2} r_{ос} (R'_{\phi.н.} + R''_{\phi.н.})w \cdot \ln \left( \frac{2w\chi_n \tau}{(R'_{\phi.н.} + R''_{\phi.н.})} + 1 \right),$$

где  $w$  — скорость пылегазового потока, м/с;  $R'_{\phi.н.}$ ,  $R''_{\phi.н.}$  — большие и меньшие наружные радиусы

фильтровального элемента, м; где  $V$  — объем прошедшего газа, м<sup>3</sup>;  $L$  — длина конусообразного фильтровального элемента, м;  $r_{ос}$  — удельное сопротивление осадка, Н·с/м<sup>4</sup>;  $\tau$  — продолжительность фильтрования, с;  $R'_{ос}$ ,  $R''_{ос}$  — большие и меньшие радиусы осадка, м (рис. 5).

Результаты теоретических расчетов и экспериментов приведены на рис. 6 в виде графических зависимостей вида

$$\Delta P = f(\tau)$$

и подтверждают адекватный характер предложенного уравнения.

Таблица

Компоновка МФУ	Параметры пылегазового потока			Параметры регенерации	
	Высота фильтрующего слоя $H$ , м	Концентрация пыли, кг/м <sup>3</sup>	Дисперсность пыли	Высота осадка $h_{ос} \cdot 10^{-3}$ , м	Продолжительность регенерации $\tau_{рег}$ , с
Цилиндрический фильтровальный элемент $d_3 = 3,5 \cdot 10^{-5}$ м, $\epsilon = 0,5$ ; $d_2 = 100$ мкм	0,005	$2,5 \cdot 10^{-3}$	$\bar{d}_m = 0,5-5$ мкм; $\sigma = 0,52$	2,7	110
Конусообразный фильтровальный элемент $d_3 = 3,5 \cdot 10^{-5}$ м, $\epsilon = 0,5$ ; $d_2 = 100$ мкм	0,005	$2,56 \cdot 10^{-3}$	$\bar{d}_m = 0,5-5$ мкм; $\sigma = 0,52$	1,8	110

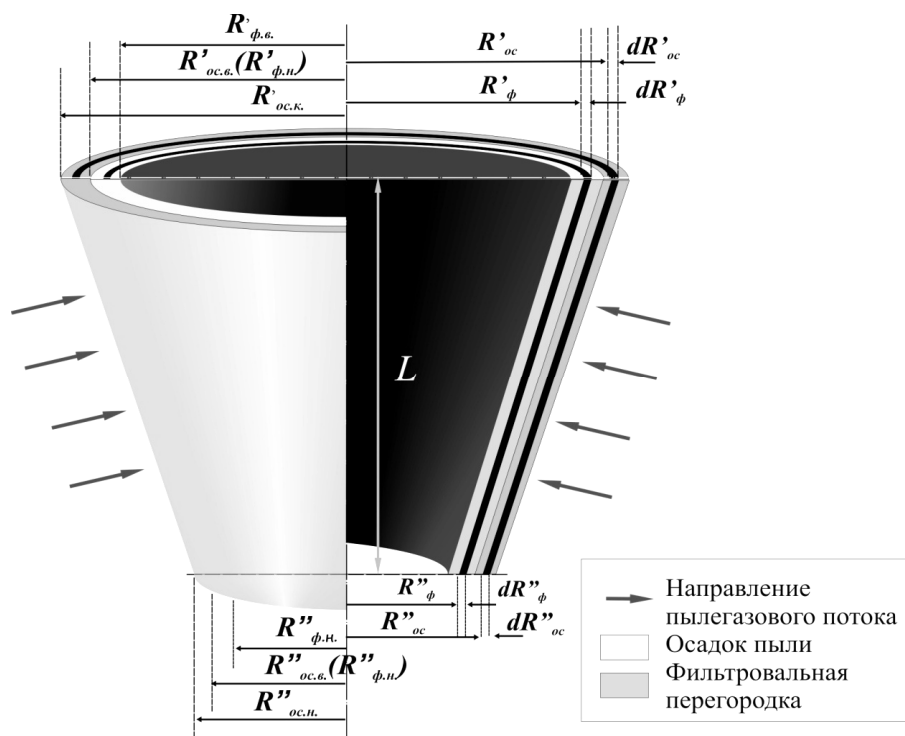


Рис. 5. Схема к выводу уравнения

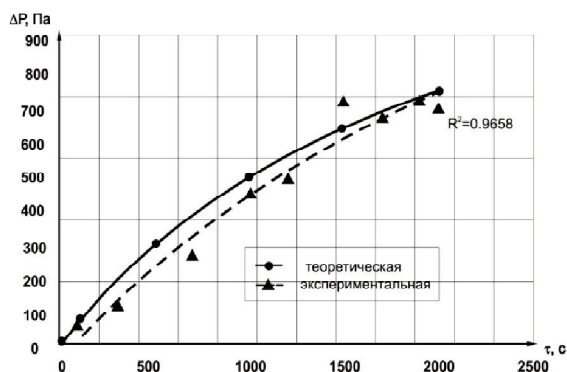


Рис. 6. Зависимости общего перепада давлений от продолжительности фильтрования

#### Библиографический список

1. **Пигловский, Н. В.** Циклоны-фильтры для тонкой очистки пылегазовых потоков / Н. В. Пигловский, Е. В. Романюк, Ю. В. Красовицкий, А. В. Логинов // Химическое и нефтегазовое машиностроение. — 2013. — № 1. — С. 22—25.
2. **Красовицкий, Ю. В.** Обеспыливание газов зернистыми слоями / Ю. В. Красовицкий, В. В. Дуров. — М.: Химия, 1991. — 192 с.
3. **Пигловский, Н. В.** Перспективные фильтровальные элементы для очистки пылегазовых потоков в сфере обслуживания и ремонта железнодорожного транспорта / Н. В. Пигловский, Е. В. Романюк, Ю. В. Красовицкий // Актуальные вопросы современной науки: матер. X междунар. науч.-практ. конф. — Таганрог, 2010. — С. 143—145.
4. **Пигловский, Н. В.** Конусообразные зернистые фильтровальные элементы для высокоэффективного пылеулавливания / Н. В. Пигловский, Е. В. Романюк, Ю. В. Красовицкий // Экология и безопасность жизнедеятельности: сб. ст. XI междунар. науч.-практ. конф. — Пенза: РИО ПГСХА, 2011. — С. 135—139.
5. **Пат. на полезную модель № 105200 Российская Федерация МПК 51.** Циклон-фильтр / А. В. Логинов [и др.]; заявитель и патентообладатель ВГТА; заявл. 13.11.2010; опубл. 10.06.2011; Бюл. № 16.

#### Выводы

1. В работе рассмотрены вопросы внедрения фильтровальных аппаратов на основе зернистых фильтров, предложены схемы включения фильтров в системы вентиляции.
2. Предложена новая конструкция фильтра, позволяющая повысить эффективность очистки от пыли.
3. Рассчитан экономический эффект, получаемый при замене традиционных цилиндрических фильтровальных элементов на конусообразные.
4. Полученные данные свидетельствуют о ресурсосберегающем характере разработки и могут быть рекомендованы для внедрения в системах аспирации для очистки от тонкодисперсной пыли.

#### References

1. **Piglovskij, N. V.** Ciklony-fil'try dlya tonkoj ochistki pyl'egazovykh potokov / N. V. Piglovskij, E. V. Romanyuk, Yu. V. Krasovickij, A. V. Loginov // Khimicheskoe i neftegazovoe mashinostroenie. — 2013. — № 1. — S. 22—25.
2. **Krasovickij, Yu. V.** Obespylivanie gazov zernistymi slojami / Yu. V. Krasovickij, V. V. Durov. — M.: Khimiya, 1991. — 192 s.
3. **Piglovskij, N. V.** Perspektivnye fil'troval'nye e'lementy dlya ochistki pyl'egazovykh potokov v sfere obsluzhivaniya i remonta zheleznodorozhnogo transporta / N. V. Piglovskij, E. V. Romanyuk, Yu. V. Krasovickij // Aktual'nye voprosy sovremennoj nauki: mater. X mezhdunar. nauch.-prakt. konf. — Taganrog, 2010. — S. 143—145.
4. **Piglovskij, N. V.** Konusoobraznye zernistye fil'troval'nye e'lementy dlya vysokoeffektivnogo pyl'euavlivaniya / N. V. Piglovskij, E. V. Romanyuk, Yu. V. Krasovickij // E'kologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: sb. st. XI mezhdunar. nauch.-prakt. konf. — Penza: RIO PGSXA, 2011. — S. 135—139.
5. **Pat. na poleznuyu model' № 105200 Rossijskaya Federaciya MPK 51.** Ciklon-fil'tr / A. V. Loginov [i dr.]; zayavitel' i patentoobladatel' VGTA; zayavl. 13.11.2010; opubl. 10.06.2011; Byul. № 16.

## THE USE OF CONE-SHAPED FILTER ELEMENTS FOR REDUCING DUST EMISSIONS OF PRODUCTION, REPAIR AND MAINTENANCE OF RAILWAY CARS

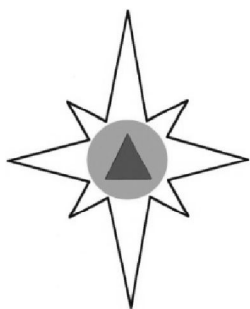
**Romanyuk E. V.,**  
PhD in Engineering, Assoc. Prof.,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, e-mail: scercso@mail.ru

**Piglovskij N. V.,**  
Expert, Voronezh Car Repair Plant, a Branch of OAO Vagonremmash;  
Russia, Voronezh, e-mail: scercso@mail.ru

**Krasovickij Yu. V.,**  
D. Sc. in Engineering, Prof.,  
Voronezh State University of Engineering Technologies;  
Russia, Voronezh, e-mail: scercso@mail.ru

*The article offers a new design of the filter, allowing to increase the efficiency of clearing of a dust; mathematical model, which allows forecasting of main operating characteristic — the pressure drop of filter partition. There are the results of experimental studies of process.*

**Keywords:** filter, filtering, purification, dust, dust-gas flow.



## ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

УДК 614.842.4

### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ЭВАКУАЦИИ НА ОБЪЕКТЕ МАССОВОГО ПРЕБЫВАНИЯ ЛЮДЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ФОТОЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ ЭВАКУАЦИОННЫХ СИСТЕМ

**Р. Ю. Поляков, С. Н. Хаустов, С. А. Бокадаров**

*Рассмотрены мероприятия по эвакуации населения на объектах с массовым пребыванием людей. Предложены рекомендации по уменьшению потерь населения в случае эвакуации.*

*Ключевые слова:* эвакуация, фотолюминесцентные эвакуационные системы, пути эвакуации.

**Введение.** Необходимость создания систем ориентации людей в ЧС, работоспособность которых не зависит от потребления электроэнергии, была обусловлена трагическим опытом, приобретенным человечеством в результате ряда крупных пожаров, других катастрофических событий, когда люди погибали из-за того, что не могли ориентироваться и находить выход, в то время как электрические источники энергии были разрушены или не функционировали. В данной работе предлагается обосновать систему предложенных средств маркировки эвакуационных путей при внутреннем использовании на объектах любого значения.

**1. Стандарты и требования к фотолюминесцентным эвакуационным системам.** Впервые решение о разработке требований к фотолюминес-

центным эвакуационным системам (ФЭС) было принято международной морской организацией ИМО после пожара на пассажирском круизном судне «Скандинавская звезда» в 1990 г. К настоящему времени в мире приняты и действуют различные нормативные документы, касающиеся ФЭС, среди них международные стандарты ISO, национальные стандарты различных стран гражданского и военного назначения, рекомендации международных транспортных объединений, разделы строительных норм городов и государств.

В России действуют два национальных стандарта [2—3], требования к ФЭС сформулированы в МГСН 4.19-05 для многофункциональных высотных зданий и комплексов, объектов массового пребывания людей, аналогичные требования имеются и в некоторых территориальных строительных нормах.

**2. Проблемы и пути решения существующих средств эвакуации.** Доля визуального восприятия окружающего мира составляет ~40 %. Места с недостаточной видимостью и освещенностью — места с повышенным риском для людей. Это практически все инженерные строения и элементы инфраструктуры.

В случае пожара все лица, находящиеся в здании, должны быстро покинуть опасную зону. Скорость эвакуации является определяющим фактором для снижения количества жертв. Потеря времени при эвакуации чаще всего происходит из-за паники или из-за отсутствия четко размеченного маршрута эвакуации. Уровень паники в значитель-

---

**Поляков Роман Юрьевич**, аспирант,  
Воронежский государственный технический университет;  
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-920-213-74-15,  
e-mail: polyakov\_gps@mail.ru

**Хаустов Сергей Николаевич**, канд. техн. наук,  
начальник кафедры гражданской защиты,  
Воронежский институт ГПС МЧС России;  
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-915-543-00-92

**Бокадаров Станислав Александрович**,  
канд. техн. наук, преп. кафедры гражданской защиты,  
Воронежский институт ГПС МЧС России;  
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-920-403-58-11,  
e-mail: bokadarov.stas@inbox.ru

---

© Поляков Р. Ю., Хаустов С. Н., Бокадаров С. А., 2014

ной мере определяется факторами, которые трудно устранить предварительно. Размещение и конструкция разметки, напротив, являются теми моментами, которые вполне поддаются предварительному планированию и оптимизации.

Чаще всего надписи «Выход» и планы эвакуации располагаются над дверями или возле нее. В случае пожара дым поднимается к потолку, конденсируется, и в таких условиях увидеть надпись не представляется возможным, а план эвакуации тем более. Они остаются хорошо различимыми только в тех местах, где нет дыма. Вторым важным моментом является то, что согласно исследованиям, люди в случае паники и ограниченной видимости чаще смотрят вниз, чем вверх. Учитывая эти факты, представляется разумным оснастить помещения дополнительной разметкой, которая в случае пожара позволит быстро найти выход. Вещества, которые обладают возможностью накапливать световую энергию при освещении и испускать свет в темноте, являются эффективным решением данной проблемы, т. к. они не требуют дополнительной системы электропитания. Оснащение зданий подобной системой безопасности может многократно увеличить скорость эвакуации людей. Надписи и разметка этой дополнительной системы должны располагаться на полу или на стенах на высоте не выше 1 м от уровня пола. Концентрация дыма около пола гораздо менее вероятна, чем в районе потолка. К тому же такая система гораздо больше соответствует направлению взглядов лиц, которые пытаются найти выход из опасного помещения. Независимость источника питания также является важным фактором, поскольку позволяет надеяться, что указатели будут светиться даже при аварии основной системы электропитания. Основной вид светящейся пиктограммы или сигнальной разметки ступеней и перил лестницы приведен на рис. 1.

Лестницы и ступени следует обозначать элементами ФЭС так, чтобы были видны начало, ширина марша (проход) и конец лестниц. Ступени лестниц, выступы, пороги следует обозначать линиями по ширине марша на горизонтальной плоскости ступеней и по ширине проступи у боковых граней ступеней.

Ширина линий для обозначения ступеней и перепадов высот пола должна быть не менее 20 мм. Начало и конец лестничного марша следует обозначать сигнальной разметкой с чередующимися, наклоненными под углом 45—60° полосами желто-белого или белого и черного цветов.

При ширине лестничного марша до 2 м включительно рекомендуется размещать одну направляющую линию.

На рис. 2 приведено фотолуминесцентное обозначение двери эвакуационного выхода

Светящиеся пиктограммы должны быть размещены на стенах (желательно на высоте не выше уровня глаз). Их расположение может быть не сплошным, а с хорошо продуманными интервала-

ми. Разработана методика расчета интервалов, основанная на уровне яркости надписей.

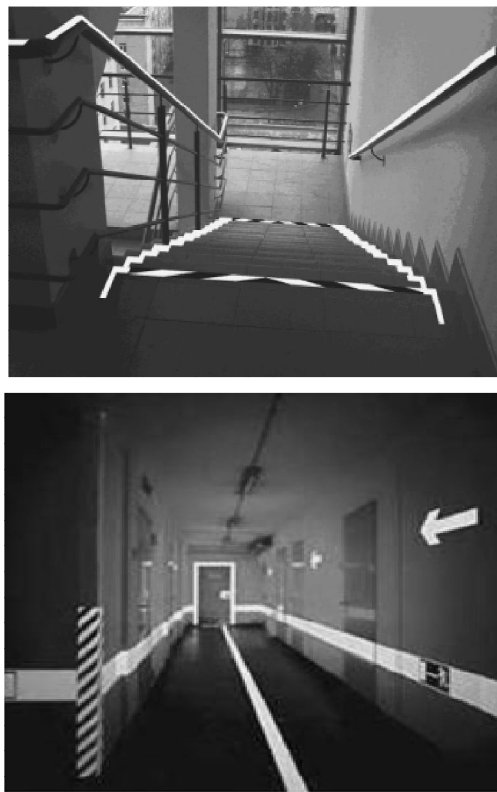


Рис. 1. Фотолуминесцентное обозначение ступеней и перил лестницы, коридоров

Размещение светящихся стрелок, перемежающихся надписями на стенах не выше 300 мм от уровня пола, преследует двойную цель: во-первых, пиктограммы и стрелки указывают верное направление движения, а во-вторых, подсвечивают пол, что облегчает обнаружение препятствий, которые могут оказаться на пути к пожарной лестнице.



Рис. 2. Фотолуминесцентное обозначение двери эвакуационного выхода

Для обеспечения безопасной эвакуации людей в экстремальных условиях из зданий, сооружений и средств транспорта в случае возникновения ЧС, в том числе при аварийном отключении электрического освещения, а также для обеспечения



процесса ликвидации ЧС применяются фотолюминесцентные эвакуационные системы — средства ориентации людей, предусматривающие применение фотолюминесцентных знаковых элементов с эффектом длительного послесвечения, хорошо различаемых в темноте, в условиях задымления и плохой видимости. Основной вид элементов фотолюминесцентных эвакуационных систем приведен на рис. 3.

Но главной отличительной особенностью элементов ФЭС при сравнении с электрическими светильниками, которые обычно локально располагаются в коридорах, над дверьми эвакуационных выходов, на лестничных площадках, является не точечное распределение световой энергии в объеме помещения, а возможность реализации протяженных световых маркировок на путях эвакуации с равномерным распределением яркости по площади (длине) элемента. Эта особенность, обеспечивая несомненно более эффективную ориентацию людей, оказавшихся в ЧС в задымленном помещении или полной темноте, позволяет им не только быстро, без паники, отыскивать эвакуационный выход, но и успешно преодолевать при этом лестницы, обходить колонны, выступающие углы стен и другие препятствия, предпринимать активные действия и противостоять аварии.



Рис. 3. Элементы фотолюминесцентных эвакуационных систем

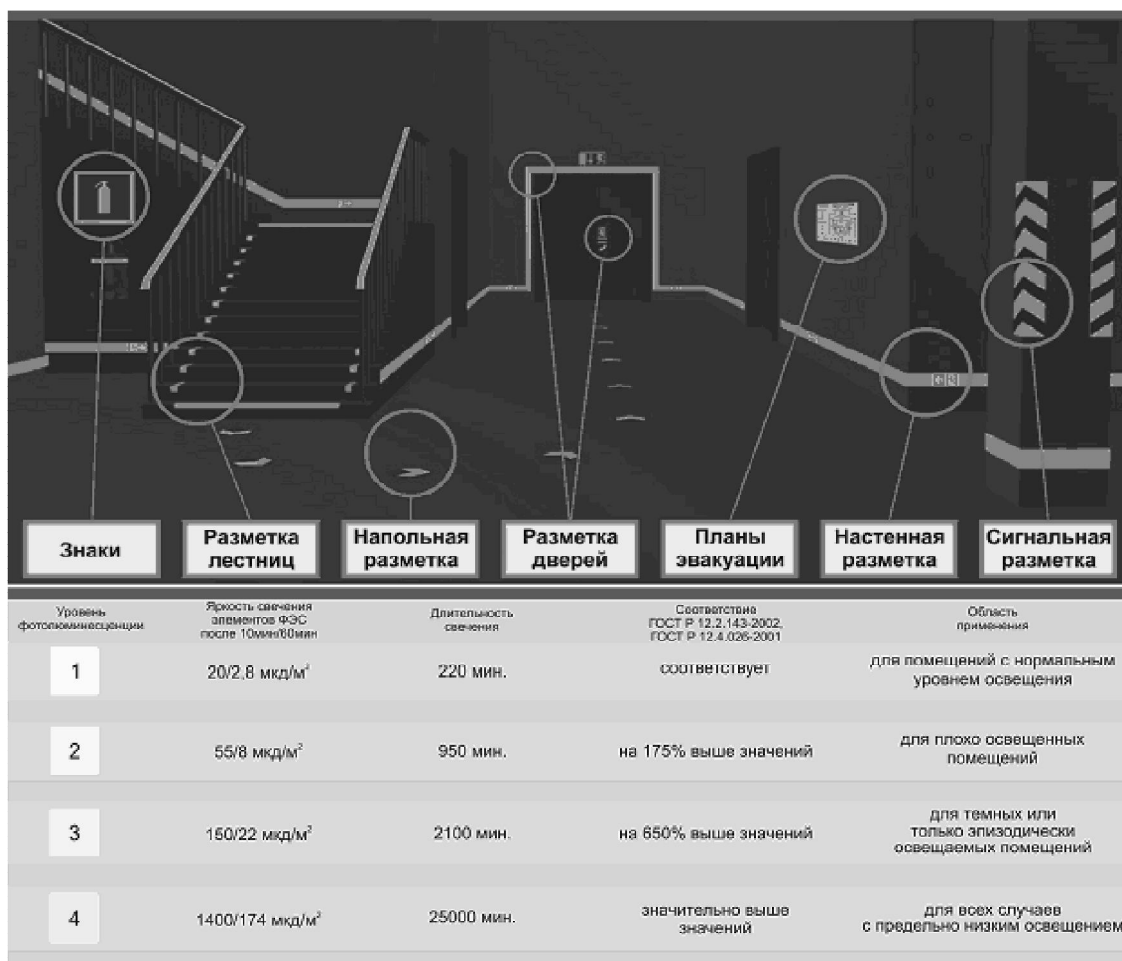


Рис. 4. Применение элементов ФЭС для объектов с различной освещенностью



Следующим немаловажным моментом предлагается предложить установку светящихся планов эвакуационных путей. Планы эвакуации следует выполнять на основе фотолюминесцентных материалов. Планы эвакуации могут быть этажными, секционными, локальными и сводными (общими). Этажные планы разрабатывают для этажа в целом.

Планы эвакуации следует вывешивать на стенах помещений и коридоров, на колоннах и т. п., в строгом соответствии с местом размещения, указанным на самом плане эвакуации (рис. 5).



Рис. 5. Фотолюминесцентный план эвакуации

При выборе элементов ФЭС для объектов с низкой освещенностью необходимо прежде всего знать значение освещенности в месте его размещения, обращать внимание на фотометрические характеристики элементов ФЭС и придерживаться рекомендаций, приведенных на рис. 4.

Кроме этого, необходимо учитывать, что время возбуждения и насыщения фотолюминесцентных материалов зависит от интенсивности ультрафиолетовой составляющей спектра источника света, поэтому лучшие источники для возбуждения большинства фотолюминесцентных материалов — это солнце и лампы дневного света, а лампы накаливания и работающие при низком давлении натриевые лампы менее эффективны.

**Выводы.** Применение правильно спроектированных и установленных ФЭС на объектах с массовым пребыванием людей позволяет существенно повысить эффективность эвакуационных мероприятий и снизить риск гибели людей в результате возникновения чрезвычайных ситуаций.

#### Библиографический список

1. **Куприенко, П. С.** Методы оценки состояния, прогнозирования развития чрезвычайных ситуаций, риска и ущерба от техногенных воздействий и экологических факторов / П. С. Куприенко. — Воронеж: Воронеж. гос. техн. ун-т, 2008. — 204 с.
2. **СНиП 2.01.02-85\***. Строительные нормы и правила. Противопожарные нормы [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс: официальный сайт. — (<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=5279>). — (06.02.2013).
3. **СНиП 21-01-97\***. Пожарная безопасность зданий и сооружений. — М.: Госстрой России, 2004. — 26 с.

#### References

1. **Kuprienko, P. S.** Metody ocenki sostoyaniya, prognozirovaniya razvitiya chrezvychajnykh situacij, riska i ushherba ot texnogennyx vozdeystvij i ekologicheskix faktorov / P. S. Kuprienko. — Voronezh: Voronezh. gos. texn. un-t, 2008. — 204 s.
2. **SNiP 2.01.02-85\***. Stroitel'nye normy i pravila. Protivopozharnye normy [E'lektronnyj resurs] // Konsul'tantPlyus: oficial'nyj sajt. — (<http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=5279>). — (06.02.2013).
3. **SNiP 21-01-97\***. Pozharnaya bezopasnost' zdaniy i sooruzhenij. — M.: Gosstroj Rossii, 2004. — 26 s.

## IMPROVEMENT OF METHODS OF EVACUATION ON THE OBJECT OF MASS STAY OF PEOPLE USING MODERN PHOTOLUMINESCENT EVACUATION SYSTEMS

**Polyakov R. Yu.,**

PhD student,

Voronezh State Technical University;

Russia, Voronezh, tel.: 8-920-213-74-15, e-mail: polyakov\_gps@mail.ru

**Xaustov S. N.,**

PhD in Engineering, Lecturer,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, tel.: 8-920-403-58-11, e-mail: bokadarov\_stas@inbox.ru

**Bokadarov S. A.,**

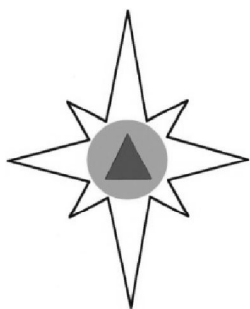
PhD in Engineering, Head of Department,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, tel.: 8-915-543-00-92

*Describes the measures for evacuation of the population on objects with mass stay of people. Recommendations on reducing the loss of population in case of evacuation.*

**Keywords:** *evacuation, photoluminescent evacuation system and evacuation routes.*



# ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 303.732.4

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭКОЛОГИЧЕСКУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ

Е. С. Карпушкина

*Рассматривается система моделирования и прогнозирования очагов загрязнения ОПС при аварии на опасных промышленных объектах «Риск-аналитик»; обосновывается необходимость внедрения этой системы в структуру АИУС РСЧС для увеличения функциональных возможностей обеспечения экологической безопасности.*

**Ключевые слова:** средства управления, принятие решений, система «Риск-аналитик», структура АИУС РСЧС, экологическая безопасность.

**Введение.** В виду ограниченности времени и средств, отводимых на исследования по оценке неблагоприятного воздействия нефтехимического производства, с учётом экологического объяснения планируемой деятельности проводить экспериментальные исследования (как лабораторные, так и полевые) на экосистемном уровне проблемно. Поэтому в оценке влияния на окружающую среду и человека главная роль отводится математическому моделированию [1].

Социо-природные системы, в отношении которых требуется принятие решений по защите и ликвидации последствий аварии, сложны по своему строению и велики по размерам. Эти системы могут быть охвачены средствами управления лишь при условии предварительной работы на стадии аварийного планирования. Воспользоваться результатами такого планирования руководитель может только с помощью специальных информационных систем [4].

**Система «Риск-аналитик».** Особенности процедур принятия решений в условиях аварии на

потенциально опасных объектах определяют необходимость разработки автоматизированной системы оценки экологической безопасности объектов техносферы «Риск-аналитик» (рис. 1).

Основными структурными составляющими системы «Риск-аналитик» являются:

- информационное обеспечение — базы данных различного целевого назначения и соответствующие системы управления базами данных;

- прикладное программное обеспечение, реализованное в виде ДНТ-технологий и собственного программного продукта *Risk Nature* для выполнения расчетных задач прогнозирования и использования стандартных методов решения и обработки результатов прогноза;

- стандартные графические средства для визуализации полученных результатов в виде графиков полей концентраций, построения зон загрязнения, определения источников загрязнения в трехмерной системе координат [2].

Для нефтеперерабатывающего предприятия в базах данных хранятся:

- результаты вероятностной оценки риска по каждому сценарию развития аварийной ситуации;

- результаты оценок границ областей приемлемых уровней всех видов риска при различных значениях вероятностей возникновения отказов, аварийных ситуаций, факторов риска;

---

Карпушкина Екатерина Сергеевна, ассистент,  
Воронежский государственный технический университет;  
Россия, г. Воронеж, тел.: 8-920-215-5000,  
e-mail: katarina.karpova@yandex.ru

© Карпушкина Е. С., 2014

– результаты расчетов всех видов ущербов в натуральном выражении по существующим методикам оценки последствий аварий на опасном химическом объекте;

– результаты стоимостных оценок возможных и фактических ущербов [4].

Целью функционирования системы является оперативное принятие решений по управлению безопасностью технологического объекта для чело-

века и окружающей среды при возникновении отказов, незапланированных остановках и аварийных ситуациях. Компоненты в системе оценки экологической безопасности объектов техносферы «Риск-аналитик» могут обрабатываться отдельно для описания отдельных процессов. Это может быть существенным в ряде приложений, где требуются только грубые вычисления данных, поступающих из других частей гидрологического цикла.

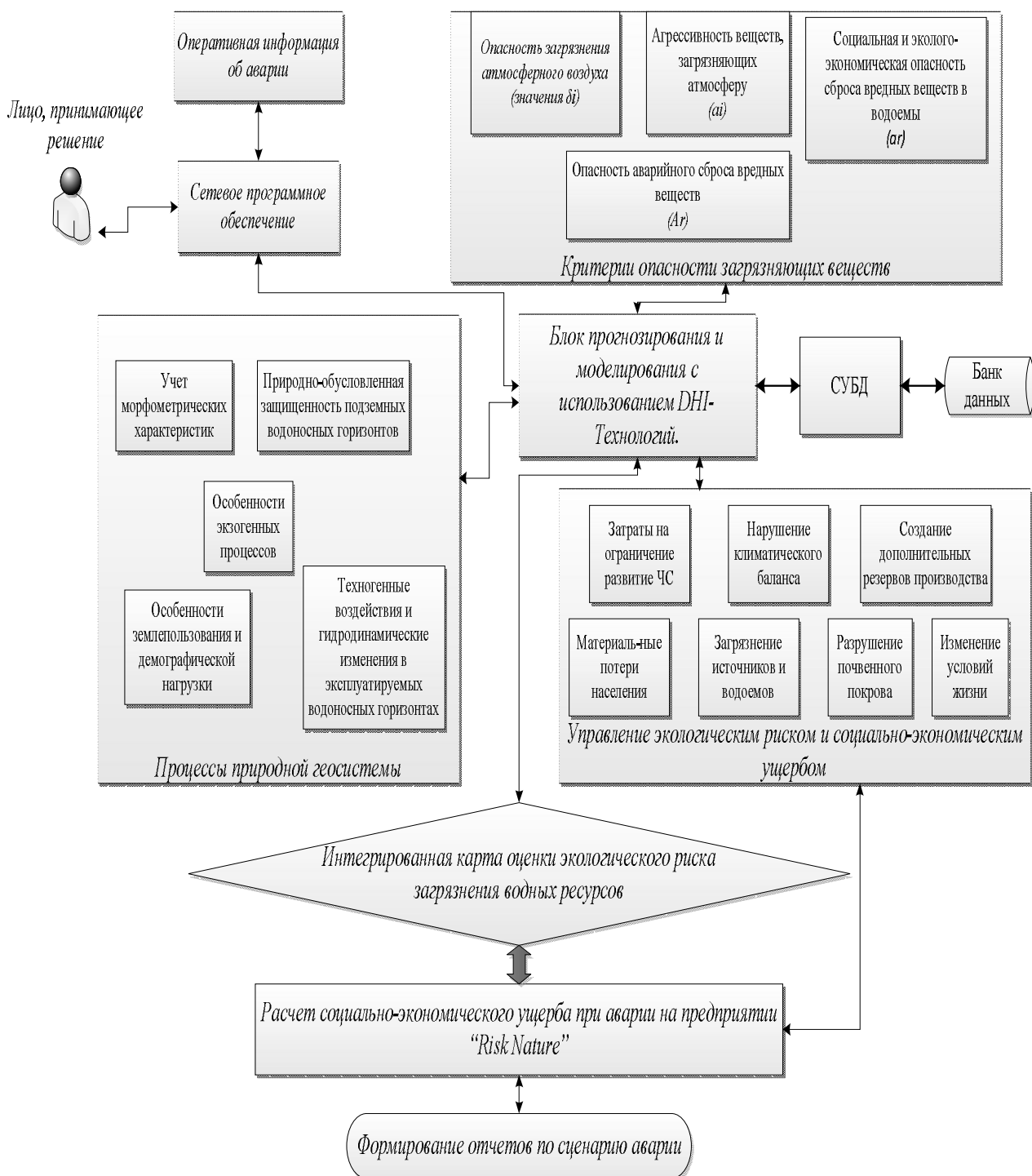


Рис. 1. Архитектура системы оценки экологической безопасности объектов техносферы «Риск-аналитик»

Одним из достоинств системы «Риск-аналитик» является то, что она учитывает большое количество факторов: система была разработана для практического применения и обязана наиболее полно описывать гидрологический режим. Она позволяет анализировать большое разнообразие географической информации, которую можно собрать с помощью современных технологий сбора данных, включая дистанционные [5].

Система «Риск-аналитик» позволяет:

- значительно сократить время анализа исходных данных и построение оперативного прогноза за счет ДНТ-технологий, а также автоматическую обработку данных и построение прогностических моделей;

- сократить время обработки информации за счет автоматизации этих процессов;

- существенно облегчить процесс анализа оперативного прогноза, а также обеспечивает автоматический процесс формирования комплекса мер по ликвидации последствий аварии и снижению уровня экологического риска для населения, попавшего в зону заражения.

Все вышеизложенное дает нам право говорить о необходимости внедрения системы «Риск-аналитик» в структуру АИУС РСЧС (рис. 2) для увеличения функциональных возможностей обеспечения экологической безопасности.



Рис. 2. Схема внедрения «Риск-аналитик» в систему АИУС РСЧС для обеспечения экологической безопасности

Главная цель создания системы «Риск-аналитик» в системе АИУС РСЧС для обеспечения экологической безопасности – контроль и управление. В данном случае контроль — расчет разливов загрязняющих веществ и построения зон загрязнения, а управление — принятие решений по оперативному прогнозированию. Таким образом, работа системы «Риск-аналитик» в системе АИУС РСЧС функционирует как система в режиме реального времени с возможностью оперативного прогнозирования путем выбора различных моделей и алго-

ритмов прогноза [2].

Самой важной отличительной особенностью структуры автоматизированной системы «Риск-аналитик» в системе АИУС РСЧС для обеспечения экологической безопасности от отдельных программных продуктов в области охраны ОПС и существующих автоматизированных систем контроля является наличие в ней подсистемы анализа информации, включающей специализированные ГИС-технологии и программу оценки рисков и ущербов [3].

**Вывод.** Таким образом, созданная система оценки экологической безопасности объектов техносферы «Риск-аналитик», включенная в структуру АИУС РСЧС, обеспечивает эффективную поддержку принятия решений органами власти и пред-

приятием, заинтересованными в достоверном прогнозе оценки масштабов аварийного загрязнения, быстрым реагированием на чрезвычайную ситуацию и нанесением минимального ущерба здоровью людей и окружающей природной среде.

## Библиографический список

1. **Егоров, А. Ф.** Управление безопасностью химических производств на основе новых информационных технологий / А. Ф. Егоров, Т. В. Савицкая. — М.: Химия, КолосС, 2006. — 416 с.
2. **Карпова (Карпушкина), Е. С.** Структура подсистемы поддержки принятия решений интегрированной системы оценки воздействия на окружающую среду опасных промышленных объектов / Е. С. Карпова, А. В. Калач // Вестник Воронежского института МВД России. — 2013. — № 1. — С. 199—203.
3. **Барсегян, А. А.** Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А. А. Барсегян, М. С. Курприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. — СПб.: БХВ-Петербург, 2004. — 336 с.
4. **Орловский, С. А.** Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. — М.: Наука, 1981. — 208 с.
5. Основные направления в решении проблемы экологического риска топливно-энергетического комплекса: сб. науч. трудов ВНИИГАЗа. — М.: ВНИИГАЗ, 1998.

## References

1. **Egorov, A. F.** Upravlenie bezopasnost'yu khimicheskikh proizvodstv na osnove novyx informacionnykh tekhnologij / A. F. Egorov, T. V. Savickaya. — M.: Ximiya, KolosS, 2006. — 416 s.
2. **Karpova (Karpushkina), E. S.** Struktura podsystemy podderzhki prinyatiya reshenij integrirovannoy sistemy ocenki vozdeystviya na okruzhayushhuyu sredu opasnykh promyshlennykh ob'ektov / E. S. Karpova, A. V. Kalach // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2013. — № 1. — S. 199—203.
3. **Barsegyan, A. A.** Metody i modeli analiza dannykh: OLAP i Data Mining / A. A. Barsegyan, M. S. Kurprianov, V. V. Stepanenko, I. I. Xolod. — SPb.: BXV-Peterburg, 2004. — 336 s.
4. **Orlovskij, S. A.** Problemy prinyatiya reshenij pri nechetkoj isходной informacii / S. A. Orlovskij. — M.: Nauka, 1981. — 208 s.
5. Osnovnye napravleniya v reshenii problemy e'kologicheskogo riska toplivno-e'nergeticheskogo kompleksa: sb. nauch. trudov VNIIGAZa. — M.: VNIIGAZ, 1998.

## SYSTEM ANALYSIS TO EVALUATE THE EFFECTIVENESS OF INFORMATION TECHNOLOGIES AND MAKING MANAGERIAL DECISIONS ENVIRONMENTAL SAFETY

**Karpushkina E. S.,**  
Assistant,  
Voronezh State Technical University;  
Russia, Voronezh, tel.: 8-920-215-5000,  
e-mail: katarina.karpova@yandex.ru

*This article discusses system modeling and forecasting outbreaks of environmental pollution in the accident at hazardous industrial facilities «Risk Analyst» and the necessity of introduction of the «risk analyst» to increase the functionality of environmental security.*

**Keywords:** management, decision-making, system «Risk Analyst», environmental safety.



С июля 2002 года Воронежским институтом ГПС МЧС России издается корпоративная газета «Воронежский брандмейстер», за это время вышло 122 выпусков общим тиражом 122 000 экземпляров.

Издание не только рассказывает о жизни института и наиболее важных событиях в стране, но и публикует информационно-аналитические, образовательные, научные материалы.

### АДРЕС РЕДАКЦИИ

Россия, 394052, г. Воронеж, ул. Краснознаменная, 231, к. 1214;  
e-mail: vigps\_onirio@mail.ru; сайт: вигпс.рф.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ДОНЕСЕНИЙ ОБ ОБЕСПЕЧЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ И АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ ФОРМИРОВАНИЙ СРЕДСТВАМИ РАДИАЦИОННОЙ И ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ ПО ФОРМЕ 2/РХЗ

А. И. Бобров, С. Н. Хаустов, С. А. Бокадаров

*Рассматривается процесс создания формы 2/РХЗ с использованием генератора отчетов FastReport. Net. Формирование таблицы выполняется с помощью скрипта на языке С#.*

**Ключевые слова:** форма 2/РХЗ, донесение об обеспеченности, генерация отчета, автоматизация.

**Введение.** Форма 2/РХЗ представлена в методических рекомендациях по сбору и обмену информацией в области гражданской обороны 2-4-87-23-14 от 23.08.2013 [1]. При формировании донесения 2/РХЗ по субъекту Российской Федерации, федеральному округу, предлагается использовать генератор отчетов FastReport. Net. При этом имеются возможности подключения к любой базе данных, использования любых ее таблиц или создания собственных запросов на языке SQL; добавления одной или нескольких диалоговых форм в отчет для запроса параметров перед запуском отчета; использования встроенного скрипта, возможности управления взаимодействием элементов управления диалоговых форм и производства сложной обработки данных; кроме того, доступны предварительный просмотр, вывод отчета на печать или сохранение его во множестве популярных форматов [2—4].

**1. Создание базы данных.** Процесс работы с отчетом донесения 2/РХЗ можно представить в следующем виде (рис. 1).

Создадим базу данных 2 РХЗ. Отношение 2 РХЗ содержит 15 полей с текстовым и числовыми типами данных (рис. 2). Принято решение не приводить создаваемую базу данных к усиленной третьей нормальной форме (Boyce-Codd normal form).

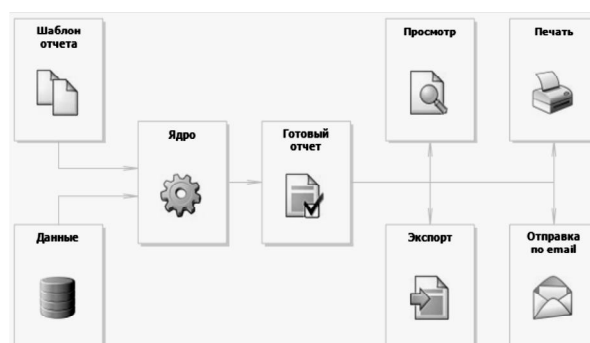


Рис. 1. Работа с отчетом донесения по форме 2/РХЗ

	Имя поля	Тип данных
▼	Код	Счетчик
	Наименование_средств_РХЗ	Текстовый
	Всего_потребн	Числовой
	Всего_нал	Числовой
	НАСФ_потр	Числовой
	НАСФ_нал	Числовой
	гражд_персон_потр	Числовой
	гражд_персон_нал	Числовой
	насел_потребн	Числовой
	насел_нал	Числовой
	всего_заложено	Числовой
	всего_списано	Числовой
	ЗО_заложено	Числовой

Рис. 2. Отношение 2 РХЗ

Создание базы данных проводилось в режиме «конструктор». В качестве ключевого поля проектируемого отношения выбран счетчик.

Ввод данных осуществляется в режиме «разделенная форма» (рис. 3).

**2. Работа с генератором отчетов FastReport. Net.** Процесс подключения к базе данных представлен на рис. 4—5.

Подключим поля к генератору отчетов FastReport. Net (рис. 6).

Объект «таблица» состоит из строк, колонок и ячеек. Таблицу создадим в динамическом режиме. В данном режиме таблица не печатается на бэнде, на который она была положена. Вместо этого она сама генерирует набор бэндов, которые содержат части таблицы-результата (рис. 7).

**Бобров Александр Иванович**, канд. техн. наук, доц. кафедры гражданской защиты, зам. начальника кафедры гражданской защиты, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: gzvigps@list.ru

**Хаустов Сергей Николаевич**, канд. техн. наук, начальник кафедры гражданской защиты, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: gzvigps@list.ru

**Бокадаров Станислав Александрович**, канд. техн. наук, преп. кафедры гражданской защиты, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: gzvigps@list.ru

Код	Наименование_средств_РХЗ	Всего_потр	Всего_нали	НАСФ_потр	НАСФ_нали	гражд_перс
1	Противогазы гражданские фильтрующие		5	5	5	
2	Противогазы детские фильтрующие					
3	Камеры защитные детские					
4	Изолирующие противогазы					
5	Регенеративные патроны к изолирующим противогазам					
6	Дополнительные патроны к противогазам					
7	Гопкалитовые патроны					
8	Респираторы					

Рис. 3. Ввод данных по требуемой форме

Формирование таблицы выполняется с помощью скрипта. Чтобы создать скрипт, выделим объект «таблица», в окне «свойства» нажмем кнопку «события» и сделаем двойной щелчок на событии ManualBuild (рис. 8).

- распечатает строки таблицы столько раз (выполнив цикл while), сколько записей в источнике данных.

Рис. 4. Настройка подключения к базе данных

При этом в код отчета добавится пустой обработчик события:

```
private void Table1_ManualBuild (object sender, EventArgs e)
```

```
{
```

Создадим программный код обработчика события ManualBuild, который будет делать следующее:

- получит ссылку на источник данных 2PX3, определенный в формируемом отчете;
- произведет его инициализацию (заполнит данными);

Рис. 5. Настройка подключения к базе данных

Код обработчика:

```
{
// получаем источник данных по его имени «2PX3»
DataSourceBase rowData = Report.
GetDataSource («2PX3»);
// инициализируем его
rowData.Init ();
```

// печатаем заголовок формируемой таблицы  
«2РХЗ»

```
Table1. PrintRow (0);
Table1. PrintColumns ();
Table1. PrintRow (1);
Table1. PrintColumns ();
Table1. PrintRow (2);
Table1. PrintColumns ();
Table1. PrintRow (3);
Table1. PrintColumns ();
Table1. PrintRow (4);
Table1. PrintColumns ();
```

// выполняем цикл while, пока в источнике данных есть записи

```
while (rowData. HasMoreRows)
{
// печатаем строку таблицы
Table1. PrintRow (5);
Table1. PrintColumns ();
// переходим на следующую запись источника
rowData. Next ();
}
```

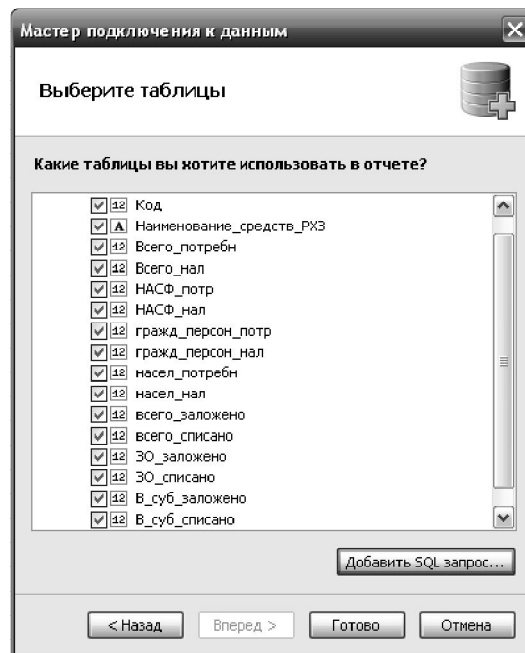


Рис. 6. Подключение полей к генератору отчетов

Донесение  
об обеспеченности населения и аварийно спасательных формирований средствами радиационной  
и химической защиты

по состоянию на \_\_\_\_\_

Форма 2/РХЗ

N п/п	Наименование средств РХЗ	Ед. изм.	Потребность в % от потребности в наличии								Заложено (приобретено) в % от потребности списано (разбронировано)							
			всего		в том числе						всего		в том числе					
					для НАСФ		для гражданского персонала городов и ОО		для остального населения				в запасе объектов		в запасе субъектов Российской Федерации			
			потр.	%	потр.	%	потр.	%	потр.	%	залож.	%	залож.	%	залож.	%	залож.	%
нал		нал		нал		нал		списа	%	списа	%	списа	%	списа	%			
[Row #]	[2РХЗ.Наименование_средств_РХЗ]	шт	[2РХЗ.Всего_потребн]	Round	[2РХЗ.НАСФ_потр]	Round	[2РХЗ.гражд_персон_потр]	Round	[2РХЗ.насел_потребн]	Round	[2РХЗ.всего_заложено]	Round	[2РХЗ.ЭО_заложено]	Round	[2РХЗ.в_суб_заложено]	Round		
	[2РХЗ.Всего_нал]		[2РХЗ.НАСФ_нал]		[2РХЗ.гражд_персон_нал]		[2РХЗ.насел_нал]		[2РХЗ.всего_списано]		[2РХЗ.ЭО_списано]		[2РХЗ.в_суб_списано]		[2РХЗ.в_суб_списано]			

Рис. 7. Создание макета таблицы

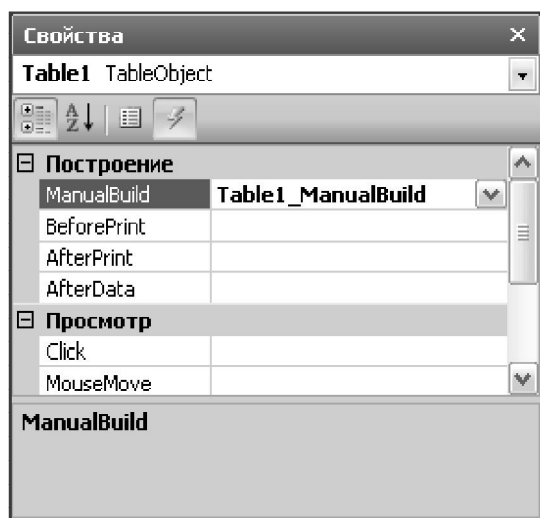


Рис. 8. Создание события

### Выводы

1. Рассмотренный в работе подход к автоматизации формирования отчетов позволяет генерировать различные донесения на основе информации, представленной в базе данных.

2. При необходимости имеется возможность использования запросов на языке SQL, который применяется для создания, модификации и управления в реляционных базах данных.



## Библиографический список

## References

1. **Методические рекомендации** по сбору и обмену информацией в области гражданской обороны 2-4-87-23-14 от 23.08.2013: — М.: МЧС России, 2013. — 116 с.
2. **Шилдт, Г.** Полный справочник по С#: пер. с англ. / Г. Шилдт. — М.: Вильяме, 2010. — 752 с.
3. **Сеппа, Д.** Microsoft ADO. NET: пер. с англ. / Д. Сеппа. — М.: Русская редакция, 2003. — 640 с.
4. **Советов, Б. Я.** Моделирование систем: учеб. для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. — М.: Высш. шк., 2001. — 343 с.

1. **Metodicheskie rekomendacii** po sboru i obmenu informaciej v oblasti grazhdanskoj oborony 2-4-87-23-14 ot 23.08.2013: — М.: MChS Rossii, 2013. — 116 s.
2. **Shildt, G.** Polnyj spravochnik po S#: per. s angl. / G. Shildt. — М.: Vil'yame, 2010. — 752 s.
3. **Seppa, D.** Microsoft ADO. NET: per. s angl. / D. Seppa. — М.: Russkaya redakciya, 2003. — 640 s.
4. **Sovetov, B. Ya.** Modelirovanie sistem: ucheb. dlya vuzov / B. Ya. Sovetov, S. A. Yakovlev. — М.: Vyssh. shk., 2001. — 343 s.

## AUTOMATED GENERATING OF REPORTS ABOUT THE SECURITY OF THE POPULATION AND RESCUE UNITS, MEANS OF RADIATION AND CHEMICAL PROTECTION IN THE FORM OF 2/PX3

**Bobrov A. I.**,  
PhD in Engineering, Assoc. Prof.,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, e-mail: gzvigps@list.ru

**Xaustov S. N.**,  
PhD in Engineering,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, e-mail: gzvigps@list.ru

**Bokadarov S. A.**,  
PhD in Engineering,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, e-mail: gzvigps@list.ru

*Describes the process of creating a form 2/PX3 using the report generator FastReport. Net. The formation of tables is done using the script in C#.*

**Keywords:** form 2/PX3, report about security, report generation, automation.



Ежегодно в Воронежском институте ГПС МЧС России проводятся следующие научные конференции:

- всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Современные технологии обеспечения гражданской обороны и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций», время проведения — апрель;
- всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «Пожарная

безопасность: проблемы и перспективы», время проведения — сентябрь;

– всероссийская научно-практическая конференция «Проблемы безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций», время проведения — декабрь.

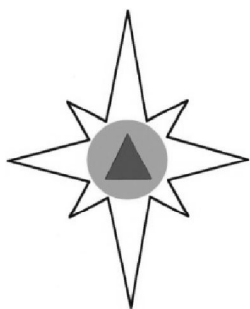
Место проведения конференций — г. Воронеж, ул. Краснознаменная, д. 231, Воронежский институт ГПС МЧС России.

Правила регистрации участников и направления материалов публикуются на официальном сайте института: <http://vigps.rf>.

По материалам конференций публикуются сборники научных статей.

**Приглашаем вас принять участие в конференциях в 2014 году!**

Вопросы можно направлять на электронный адрес: [vigps\\_onirio@mail.ru](mailto:vigps_onirio@mail.ru).



## ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 614.841.41

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРОВ ЛЕГКОЛЕТУЧИХ ОРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ ПЬЕЗОСЕНСОРАМИ, МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПЛЕНКАМИ ЛЕНГМЮРА-БЛОДЖЕТТ КАЛИКС [4] РЕЗОРЦИНАРЕНА

А. В. Калач, Д. В. Русских, А. М. Чуйков, А. Б. Плаксицкий

*Приведены результаты исследований применения модифицированных пленок Ленгмюра-Блоджетт каликс [4] резорцинарена в качестве сенсоров для определения паров легколетучих органических соединений. Показано, что сигнал сенсора на основе упорядоченной пленки в 1,5—2 раза превышает таковой для пленки, нанесенной после давления коллапса; кроме того, время отклика сенсора составляет меньше по сравнению с неупорядоченной пленкой.*

**Ключевые слова** сенсоры, электронный нос, тонкие плёнки.

**Введение.** Каликсрезорцинарены (КРА) являются представителями молекул-рецепторов, имеющих чашеобразную форму с полостью внутри, и перспективны для разработки сенсорных устройств благодаря таким преимуществам, как простота синтеза и модификации молекулы, возможность комплексообразования по типу «гость — хозяин» как с ионами, так и с нейтральными молекулами и высокая стабильность [1].

**Калач Андрей Владимирович**, д-р хим. наук, доц., Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: (473)236-33-05, e-mail: AVKalach@gmail.com

**Русских Дмитрий Викторович**, канд. техн. наук, зам. начальника кафедры прикладной математики и инженерной графики, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: vigps@mail.ru

**Чуйков Александр Митрофанович**, канд. техн. наук, начальник кафедры химии и процессов горения, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: vigps@mail.ru

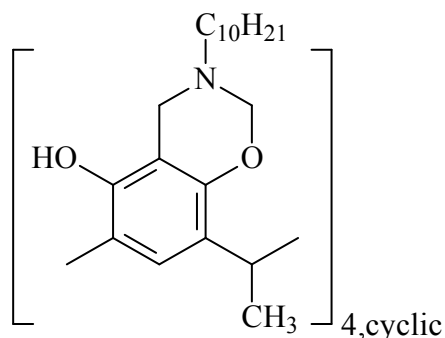
**Плаксицкий Андрей Борисович**, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры физики, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: +7-950-77-77-935, e-mail: pab13@mail.ru

Каликсрезорцинарены применяются в различных типах сенсоров: ион-селективных электродах, амперометрических и оптических сенсорах, масс-чувствительных устройствах [2, 3]. Однако комплексообразующие свойства молекул-рецепторов могут быть значительно улучшены путем их организации с помощью технологии Ленгмюра-Блоджетт (ЛБ), заключающейся в многократном переносе мономолекулярных слоев с поверхности жидкой субфазы на твердую подложку [4—6].

Использование пленок ЛБ на основе КРА реализовано только в единичных работах и требует дальнейшего развития [5]. Сочетание такого высокочувствительного метода, как пьезокварцевое микровзвешивание, с высокой избирательностью молекул-рецепторов и нанотехнологией получения чувствительного слоя позволит реализовать новые возможности в области химических сенсоров.

Выбор их в качестве объекта исследования пленок ЛБ на основе КРА обусловлен широким использованием в промышленности, медицине и их высокой токсичностью. Целью данной работы было определение паров легколетучих органических соединений пьезосенсорами, модифицированными пленками ленгмюра-блджетт каликс [4] резорцинарена.

**1. Результаты и их обсуждение.** Для получения стабильного монослоя на границе раздела фаз «воздух-вода» был использован каликс [4] резорцинарен (КРА), обладающий дифильными свойствами:



Формирование и изучение поведения моно- и мультислойных каликс [4] резорцинарена осуществляли на модернизированной установке УНМ-2 (МНПО «НИОПИК», Россия), оснащенной микро-весами Вильгельми.

Для получения монослоя на поверхность жидкой субфазы микропипеткой вносили раствор КРА с концентрацией  $5 \cdot 10^{-4}$  моль/л в легколетучем, не смешивающемся с водой органическом растворителе — хлороформе (х. ч.) и выдерживали 20 мин. В результате вследствие полного испарения растворителя дифильное соединение равномерно распределялось по поверхности воды. В качестве водной субфазы использовали бидистиллированную воду, растворы гидроксида натрия, соляной кислоты и хлорида меди,  $\pi$ -А-изотермы получали ступенчатым сжатием монослоев. Все эксперименты проводили при комнатной температуре.

Перенос монослоев осуществляли методом Ленгмюра-Блоджетт со скоростью движения твердой подложки 11 мм/мин в автоматическом режиме поддержания необходимого поверхностного давления. Таким методом на поверхности резонаторов получали мультислойные молекулярные пленки ЛБ, содержащие от 10 до 30 монослоев.

В работе использовали пьезорезонаторы АТ-среза с номинальной частотой колебаний 8 МГц, способные работать в широком диапазоне температур (ОАО «Пьезо», Москва). Предварительная подготовка кварцевых пьезосенсоров перед нанесением ПЛБ включала обезжиривание кипячением в течение 15 мин в смеси четыреххлористого углерода и пропанола-2 (1:1) и обработку в водном растворе перекиси водорода. Для исследования отклика пьезокварцевых датчиков на состав газовой фазы использовалась экспериментальная мультисенсорная система пьезосенсоров.

Исследование отклика пьезосенсоров, модифицированных ПЛБ, на состав газовой фазы проводилось в динамических условиях. В ячейку детектирования помещали от 1 до 10 закрепленных сенсоров. Через систему пропускали газ-носитель (очищенный и осушенный лабораторный воздух) в течение 1—3 мин для стабилизации частоты резонатора, затем газ-носитель, содержащий пары сорбатов — легколетучих органических соединений.

При введении паров органических веществ частота вибрации пьезосенсора уменьшалась вначале резко, затем более плавно. По стабилизации

частоты сенсора делали вывод о достижении сорбционного равновесия в системе «газ — пленка модификатора».

Система барботеров позволяла создавать насыщенные пары сорбатов, а четыре отвода компрессора разбавлять газом-носителем в 2—9 раз, а также создавать тройные системы веществ ЛОС-1: ЛОС-2: воздух с соотношением концентраций паров органических соединений 1:1. Для регенерации поверхности пленки модификатора через систему пропускали чистый газ-носитель (без сорбата) до первоначальной частоты колебаний пьезосенсора. Аналитический сигнал фиксировался персональным компьютером в режиме онлайн.

Предварительно методом регистрации изотерм поверхностное давление — площадь, приходящаяся на молекулу в монослое, изучено поведение монослоев КРА на поверхности водной субфазы при различных значениях рН, а также при введении в субфазу ионов меди (II). Примеры полученных изотерм приведены на рис. 1.

Установлено, что на поверхности нейтральной субфазы исследуемый каликс [4] резорцинарен образует стабильный монослой с предельной площадью на молекулу  $2,21 \pm 0,05 \text{ нм}^2$ , что приблизительно соответствует конической конформации КРА. С увеличением кислотности субфазы стабильность и упорядоченность монослоя снижаются, о чем свидетельствуют уменьшение давления коллапса монослоя и увеличение сжимаемости монослоя (определяемого на основе тангенса угла наклона линейной части изотермы).

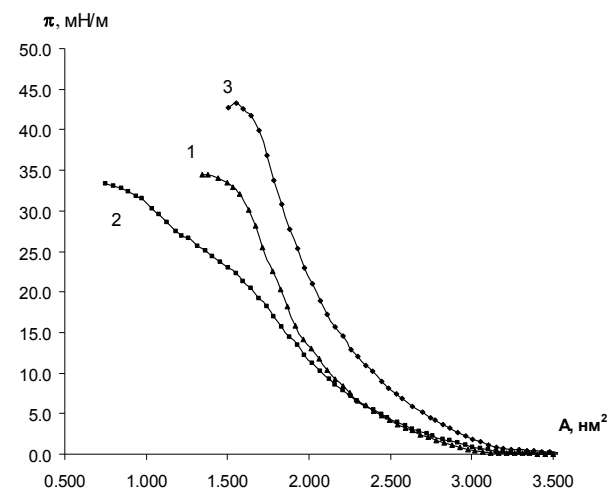


Рис. 1.  $\pi$ -А изотермы каликс [4] резорцинарена на субфазах с рН: 5.5 (1), 3.5 (2) и 8.0 (3)

Незначительное увеличение рН, наоборот, увеличивает давление коллапса монослоя, однако дальнейшее при рН > 8 стабильность монослоя снова снижается. Такое поведение монослоев можно объяснить протолитическими свойствами молекул КРА, изменяющих свой заряд за счет диссоциации гидроксигрупп и протонирования азота.

Таким образом, накопление как отрицательного, так и положительного заряда приводит к от-

талкиванию молекул между собой и снижению стабильности монослоя. Введение в субфазу ионов меди приводит к увеличению величины  $A_0$  и снижению давления коллапса, что свидетельствует о комплексеобразовании между молекулами КРА в монослое и ионами меди (II) из субфазы. Характеристики монослоев и оптимальные поверхностные давления их переноса на твердую подложку сведены в таблице.

Таблица

Характеристики слоев КРА-2 в зависимости от pH субфазы

pH	$A_0$ , нм <sup>2</sup>	Сжимаемость, К·10 <sup>2</sup> м/МН	$\pi_{\text{коллапса}}$ , мН/м	$\pi_{\text{нанесения}}$ , мН/м
2,86	2,46	1,36	16,4	14
3,51	2,45	1,61	20,5	18
4,00	2,22	1,50	26,8	18
5,20	2,21	0,76	30,1	25
6,92	2,24	0,74	38,0	30
8,00	2,31	0,67	39,9	30
9,50	2,31	0,79	37,8	33
10,1	2,33	0,78	33,9	27

В результате последовательного переноса монослоев на поверхность пьезокварцевого резонатора были получены серии модифицированных резонаторов с различным числом монослоев (от 5 до 30) на их поверхности. Перенесение осуществляли с субфаз с различной величиной pH, а также с субфазы, содержащей ионы меди (II). Качество пленок контролировали измерением коэффициента переноса монослоев, который был близок к единице как при погружении, так и при вынимании подложки из субфазы. Наименее эффективно переносились монослои с медь-содержащей субфазы.

**2. Применение пленок ЛБ на основе КРА в качестве сенсоров.** Пьезорезонансные сенсоры, модифицированные пленками Ленгмюра-Блоджетт на основе КРА, апробировались в качестве сенсоров на пары легколетучих органических растворителей: бензола, толуола, этилбензола, кумола, этанола, гексана, этилацетата, ацетона. Через ячейку с сенсорами пропускали газ, содержащий пары легколетучих органических соединений, до достижения стабильной частоты резонатора. Количество сорбируемого вещества рассчитывали на основании уравнения Зауэрбрея.

Наблюдалось увеличение количества абсорбированного вещества в ряду кумол — толуол — этилбензол — этилацетат — гексан — бензол — этанол (2), то есть по мере уменьшения молекулярной массы аналита и геометрических размеров молекул. Это свидетельствует о действии пленок ЛБ на основе КРА в качестве молекулярного сита, пропускающего более мелкие молекулы глубже в объем пленки.

Для оптимизации функционирования пьезокварцевого резонатора в качестве сенсора исследовано влияние количества монослоев в модифици-

рующем покрытии на эффективность сорбции паров ЛОС.

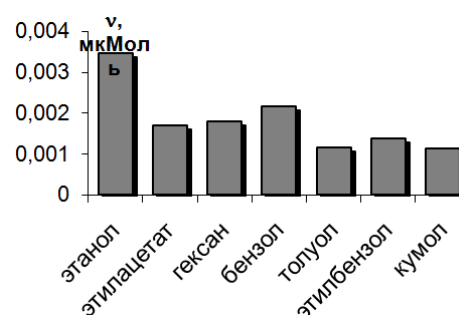


Рис. 2. Количество связываемых сорбатов при активности паров  $p/p_0 = 1$ , пленкой ЛБ на основе КРА, нанесенной из субфазы с pH = 7,0

Показано, что с увеличением числа наносимых монослоев (от 10 до 30) сигнал сенсора для большинства аналитов достигает постоянного значения при 16-20 монослоях КРА (рис. 3). При оптимальном количестве монослоев получены зависимости аналитического сигнала резонаторов от активности паров ЛОС, которые для большинства растворителей в интервале 0,11-1,00 носят линейный характер, а для паров кумола и этилацетата зависимости представляют изотерму сорбции, на которой присутствует область насыщения (рис. 4).

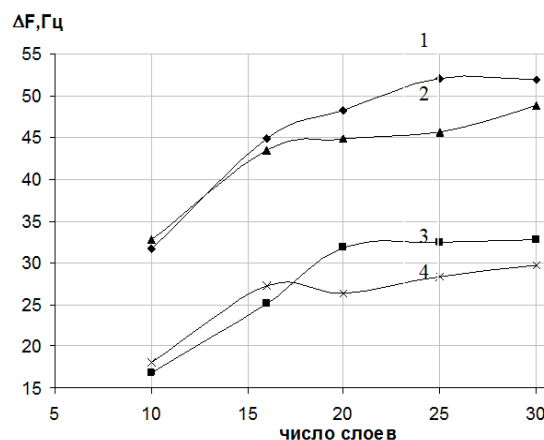
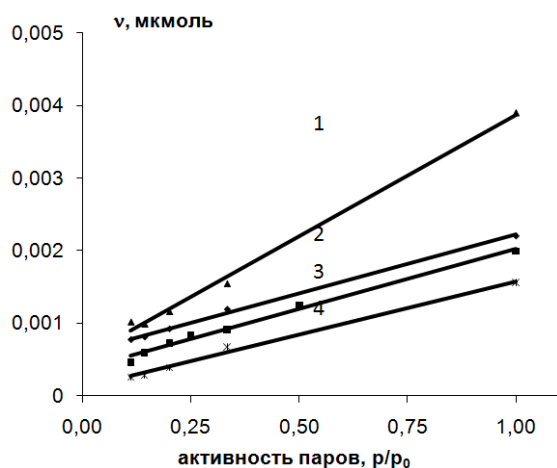


Рис. 3. Влияние числа монослоев модифицирующего покрытия на аналитический сигнал пьезосенсора при воздействии паров: 1 — бензола, 2 — толуола, 3 — этанола, 4 — гексана

Влияние pH субфазы на характеристики сорбции было различным для исследуемых аналитов. Этанол, бензол и другие ароматические соединения эффективнее сорбируются покрытиями, созданными при pH 4, этилацетат — при pH 7,5-10, а в случае гексана влияние pH на аналитический сигнал не наблюдалось.

В случае использования в качестве модифицирующих покрытий пленок КРА, перенесенных с субфазы, содержащей ионы меди (II), сигнал сенсора значительно снижается, что объясняется наличием в пленке уже не свободных молекул КРА, а молекул, полость которых занята ионами меди (II).



**Рис. 4.** Зависимости количества адсорбированных на поверхности пьезосенсора растворителей от активности их паров в воздухе:  
1 — этанол, 2 — гексан, 3 — бензол, 4 — этилбензол

#### Библиографический список

1. **Стид, Дж. В.** Супрамолекулярная химия: в 2 т. Т. 1 / Дж. В. Стид, Дж. Л. Этвуд; под ред. А. Ю. Цивадзе, В. В. Арсланова, А. Д. Гарновского. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. — 480 с.
2. **Стид, Дж. В.** Супрамолекулярная химия: в 2 т. Т. 2 / Дж. В. Стид, Дж. Л. Этвуд; под ред. А. Ю. Цивадзе, В. В. Арсланова, А. Д. Гарновского. — М.: ИКЦ «Академкнига», 2007. — 416 с.
3. **Korenman, Ya. I.** Application of multi-sensor system for nitroethane detection in the air / Ya. I. Korenman, A. V. Kalach // *Sensors and Actuators B: Chem.* — 2003. — V. 88, № 3. — P. 334—336.
4. **Зяблов, А. Н.** Анализ поверхности пьезокварцевого резонатора методом сканирующей зондовой микроскопии / А. Н. Зяблов, Ю. А. Жиброва, В. Ф. Селемев // *Сорбционные и хроматографические процессы.* — 2006. — Т. 6, вып. 6. — С. 1424—1429.
5. **Поспелов, Г. С.** Искусственный интеллект — основа новой информационной технологии / Г. С. Поспелов. — М.: Наука, 1998. — 280 с.
6. **Калач, А. В.** Раздельное определение алифатических нитроуглеводородов  $C_pC_3$  в воздухе с применением «электронного носа» / А. В. Калач, В. Ф. Селемев, А. И. Ситников // *Журн. аналит. химии.* — 2008. — Т. 63, № 6. — С. 658—661.
7. Пленки лентгюра-блэдзетт как эффективные модификаторы пьезокварцевых сенсоров / С.Н. Штыков [и др.] // *Доклады Академии наук.* — 2004. — Т. 396, № 4. — С. 508—510.
8. **Калач, А. В.** Система сбора сигналов "электронного носа" сформированного из пьезокварцевых сенсоров / А. В. Калач, В. А. Шульгин, В. А. Юкиш, А. В. Юкиш // *Датчики и системы.* — 2005. — № 7. — С. 51—52.
9. Применение пленок лентгюра-блэдзетт в качестве модификаторов пьезорезонансных сенсоров / С.Н. Штыков [и др.] // *Журнал аналитической химии.* — 2007. — Т. 62, № 5. — С. 544—548.
10. **Калач, А. В.** Система распознавания экотоксикантов в закрытых помещениях / А. В. Калач, А. М. Чуйков, О. Б. Рудаков // *Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура.* — 2012. — № 3. — С. 119—126.

На примере определения бензола проведено сравнение свойств чувствительного слоя на основе упорядоченной пленки ЛБ со свойствами слоя, полученного при перенесении монослоев после давления коллапса.

**Заключение.** В настоящей работе показано, что сигнал сенсора на основе упорядоченной пленки в 1,5—2 раза превышает таковой для пленки, нанесенной после давления коллапса; кроме того, время отклика сенсора составляет 15 с по сравнению с 2 мин для неупорядоченной пленки той же толщины.

Важным свойством сенсоров является их обратимость: полная регенерация достигается при выдержке резонатора в потоке воздуха в течение 1—2 мин. Сенсорные покрытия характеризуются продолжительным временем «жизни», выдерживая более 150 циклов сорбции — десорбции.

#### References

1. **Stid, Dzh. V.** Supramolekulyarnaya ximiya: v 2 t. T. 1 / Dzh. V. Stid, Dzh. L. E'tvud; pod red. A. Yu. Civadze, V. V. Arslanova, A. D. Garnovskogo. — M.: IKC «Akademkniga», 2007. — 480 s.
2. **Stid, Dzh. V.** Supramolekulyarnaya ximiya: v 2 t. T. 2 / Dzh. V. Stid, Dzh. L. E'tvud; pod red. A. Yu. Civadze, V. V. Arslanova, A. D. Garnovskogo. — M.: IKC «Akademkniga», 2007. — 416 s.
3. **Korenman, Ya. I.** Application of multi-sensor system for nitroethane detection in the air / Ya. I. Korenman, A. V. Kalach // *Sensors and Actuators B: Chem.* — 2003. — V. 88, № 3. — P. 334—336.
4. **Zyablov, A. N.** Analiz poverxnosti p'ezokvarcevo-go rezonatora metodom skaniruyushhej zondovoj mikroskopii / A. N. Zyablov, Yu. A. Zhibrova, V. F. Selemenev // *Sorbcionnye i xromatograficheskie processy.* — 2006. — T. 6, vyp. 6. — S. 1424—1429.
5. **Pospelov, G. S.** *Iskusstvennyj intellekt — osnova novoj informacionnoj texnologii* / G. S. Pospelov. — M.: Nauka, 1998. — 280 s.
6. **Kalach, A. B.** Razdel'noe opredelenie alifaticheskix nitrouglevodorodov  $SrSz$  v vozduxe s primeneniem «elektronnogo nosa» / A. B. Kalach, V. F. Selemenev, A. I. Sitnikov // *Zhurn. analit. ximii.* — 2008. — T. 63, № 6. — S. 658—661.
7. Plenki lengmyura-blodzhett kak e'ffektivnye modifikatory p'ezokvarcevyx sensorov / S.N. Shtykov [i dr.] // *Doklady Akademii nauk.* — 2004. — T. 396, № 4. — S. 508—510.
8. **Kalach, A. V.** Sistema sbora signalov "elektronnogo nosa" sformirovannogo iz p'ezokvarcevyx sensorov / A. V. Kalach, V. A. Shul'gin, V. A. Yukish, A. V. Yukish // *Datchiki i sistemy.* — 2005. — № 7. — S. 51—52.
9. Primenenie plenok lengmyura-blodzhett v kachestve modifikatorov p'ezorezonansnyx sensorov / S.N. Shtykov [i dr.] // *Zhurnal analiticheskoy ximii.* — 2007. — T. 62, № 5. — S. 544—548.
10. **Kalach, A. V.** Sistema raspoznavaniya e'kotoksikantov v zakrytyx pomeshheniyax / A. V. Kalach, A. M. Chujkov, O. B. Rudakov // *Nauchnyj vestnik Voronezhskogo GASU. Stroitel'stvo i arxitektura.* — 2012. — № 3. — S. 119—126.

## THE DEFINITION OF VAPORS OF VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS PLATSEN-SORS, MODIFIED BY THE LANGMUIR-BLODGETT FILMS OF CALIX [4] RESORCINARENE

**Kalach A. V.,**

D. Sc. in Chemistry, Assoc. Prof.,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, tel.: (473) 236-33-05, e-mail: AVKalach@gmail.com

**Russkix D. V.,**

PhD in Engineering, Deputy Head of department,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, e-mail: vigps@mail.ru

**Chujkov A. M.,**

PhD in Engineering, Head of department,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, e-mail: vigps@mail.ru

**Plaksickij A. B.,**

PhD in Physics and Mathematics, Assoc. Prof.,  
Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, tel.: +7-950-77-77-935, e-mail: pab13@mail.ru

*This paper presents the results of studies using a modified Langmuir-Blodgett films of Calix [4] resorcinarene as sensors for determining the vapor of volatile organic compounds. It is shown that the sensor signal based on an ordered film is 1.5–2 times higher than that of the film deposited after the collapse pressure, moreover, the response time of the sensor is smaller compared to a disordered film.*

**Keywords** sensors, electronic nose, thin films.

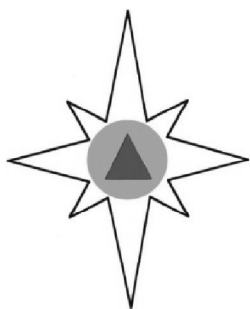


*Научный журнал «Вестник Воронежского института ГПС МЧС России» приглашает к сотрудничеству авторов: аспирантов, преподавателей, научных сотрудников!*

Журнал публикует материалы по следующим разделам:

- Безопасность веществ и материалов.
- Безопасность конструкций, зданий и сооружений.
- Медико-биологические аспекты безопасности,
- Общие вопросы пожарной безопасности,
- Методы и средства обеспечения безопасности,
- Пожарная и промышленная безопасность,
- Охрана труда,
- Снижение рисков и ликвидация последствий чрезвычайных ситуаций,
- Охрана окружающей среды. Экологическая безопасность,
- Проблемы и перспективы предупреждения чрезвычайных ситуаций,
- Мониторинг и прогнозирование природных и техногенных рисков,
- Пожарная техника,
- Информационные технологии. Информационное обслуживание и технические средства обеспечения информационных процессов,
- Физико-химические аспекты безопасности,
- Высшая математика. Прикладная математика,
- Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ,
- Экономические и организационно-управленческие проблемы безопасности,
- Аудит безопасности. Системный анализ. Оценка и управление рисками,
- Подготовка специалистов МЧС России: гуманитарные аспекты,
- Образовательные технологии,
- Международное сотрудничество.

**Мы ждем ваши статьи!**



## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 519.1:614.8

### АВТОМАТНАЯ МОДЕЛЬ ДЕЙСТВИЙ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ МЧС ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

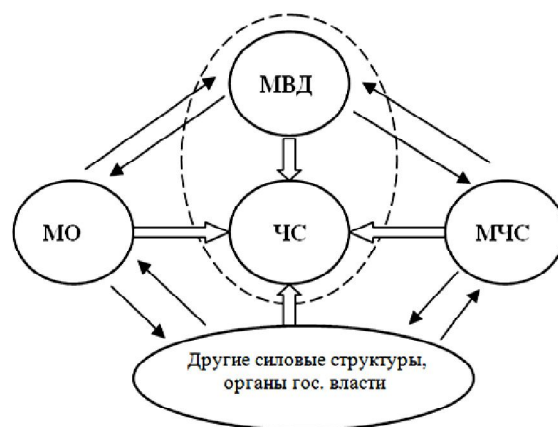
**В. В. Меньших, А. Ф. Самороковский, А. В. Корчагин**

*Рассматриваются вопросы математического моделирования взаимодействия подразделений силовых ведомств и органов государственной власти при возникновении чрезвычайной ситуации техногенного характера, действующих в рамках Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. В частности, на основе использования методов теории конечных автоматов разработана укрупнённая математическая модель действий подразделений МЧС, взаимодействующих с подразделениями МВД, при возникновении чрезвычайной ситуации техногенного характера. Полученное описание представлено в виде диаграммы Мура.*

**Ключевые слова:** чрезвычайные ситуации техногенного характера, подразделения МЧС, подразделения МВД, конечный автомат.

**Введение.** При возникновении чрезвычайной ситуации (ЧС) техногенного характера важным условием успешного руководства мероприятиями, проводимыми подразделениями силовых ведомств (МЧС, МВД, МО и др.) [1—3], является правильная организация взаимодействий между ними и органами государственной власти. Управление и координацию органами и силами, расположенными в районе ЧС техногенного характера организуют органы управления Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС).

Сущность взаимодействия заключается в целенаправленной управленческой деятельности, согласованной по целям, задачам, месту, времени и способам действий подчиненных и взаимодействующих органов управления и сил РСЧС на всех этапах предупреждения и ликвидации ЧС (рис. 1).



**Рис. 1.** Схема взаимодействия силовых структур при ликвидации ЧС техногенного характера

**Меньших Валерий Владимирович**, д-р физ.-мат. наук, проф., начальник кафедры высшей математики, Воронежский институт МВД России; Россия, г. Воронеж, e-mail: menshikh@list.ru  
**Самороковский Андрей Федорович**, канд. техн. наук, доц., начальник кафедры тактико-специальной подготовки, Воронежский институт МВД России; Россия, г. Воронеж  
**Корчагин Андрей Викторович**, преп. кафедры тактико-специальной подготовки, Воронежский институт МВД России; Россия, г. Воронеж

© Меньших В. В., Самороковский А. Ф.,  
Корчагин А. В., 2014

Ранее в [4] было разработана модель, которая описывает содержание и последовательность



действий органов внутренних дел в зависимости от изменения состояния ЧС. Данная модель представляла собой сеть из двух автоматов: автомат *A* описывал изменение состояний ЧС, а автомат *B* — действия ОВД. Рассмотренные автоматы являются взаимосвязанными: смена состояний в автоматной модели *B* определяется сменой состояний в автоматной модели *A*. Переходы в автомате *B* инициируются переходами в автомате *A*.

В данной работе описывается автоматная модель действий подразделений МЧС, дополняющая разработанную ранее модель в интересах дальнейшего исследования и оптимизации взаимодействия силовых ведомств.

**1. Описательная модель действий подразделений МЧС при возникновении чрезвычайной ситуации.** Проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСНДР) включает следующие основные мероприятия [5]:

- оповещение органов управления подразделений гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций (ГОЧС), рабочих и служащих объекта, а также населения прилегающих территорий, если они попадают в зону ЧС;
- проведение разведки в зоне ЧС, оценка обстановки и прогнозирование ее развития;
- локализация и ликвидация очагов пожаров;
- установление режима доступа в зону ЧС, охрана общественного порядка в ней сотрудниками ОВД, силами ВВ и армии;
- поиск и извлечение пострадавших из-под завалов, эвакуация их в места сбора пораженных;
- оказание пострадавшим первой медицинской помощи и эвакуация их в лечебные учреждения.

В процессе ликвидации ЧС подразделения МЧС в соответствии со стадиям ЧС техногенного характера выполняют следующие мероприятия [6]:

- $\kappa_0$  — мероприятия повседневной деятельности при отсутствии ЧС;
- $\kappa_1$  — сбор информации, прогнозирование возможной обстановки на объектах критического применения, организация наблюдения и лабораторного контроля за состоянием окружающей природной среды;
- $\kappa_2$  — планирование АСДНР на объекте, в т. ч. обеспечение взаимодействия сил МЧС с подразделениями МВД, МО и др.;
- $\kappa_3$  — приведение системы управления в режим повышенной готовности (непосредственного руководства деятельностью подсистем и звеньев РСЧС);
- $\kappa_4$  — прогнозирование хода ЧС на объекте и масштаба усиление наблюдения за состоянием объекта, установление взаимосвязи между подразделениями МЧС, МВД, МО;
- $\kappa_5$  — организация разведки на объекте, осуществление непрерывного контроля и сбора информации об обстановке;

- $\kappa_6$  — приведение сил РСЧС, МВД, МО в режим чрезвычайной ситуации;
- $\kappa_7$  — управление проведением АСДНР (определение границ зоны ЧС, выдвижение сил в районы проведения работ, организация ликвидации ЧС);
- $\kappa_8$  — завершение действий подразделений МЧС, МВД, МО, подведение итогов, роспуск звеньев.

Условия перехода мероприятий описаны в таблице.

Таблица

Описание переходов между этапами работы подразделений МЧС

Переход	Обозначение	Условие перехода
$\kappa_0 - \kappa_0$	$z_0$	Отсутствие ЧС
$\kappa_0 - \kappa_1$	$z_1$	Планово-предупредительные работы ГУ МЧС России на потенциально опасных и критически важных объектах. Установление взаимодействий между ведомствами
$\kappa_0 - \kappa_3$	$z_2$	Изменения в данных лабораторных исследованиях на объекте, подтверждающие возможность высвобождения источника опасности (энергии или вещества)
$\kappa_0 - \kappa_6$	$z_3$	Резкое высвобождение источника опасности (энергии или вещества)
$\kappa_1 - \kappa_2$	$z_4$	Организация плановых мероприятий согласно собранной информации об объекте
$\kappa_2 - \kappa_3$	$z_5$	Проведение тренировок на объекте. Отработка взаимодействий между МЧС, МВД, МО и др.
$\kappa_3 - \kappa_3$	$z_6$	Нахождение объекта в состоянии повышенной опасности. Изменение состояния объекта, по данным исследований
$\kappa_3 - \kappa_0$	$z_7$	Переход объекта в режим нормального функционирования в результате прекращения воздействия источника опасности или проведённых мероприятий по их устранению
$\kappa_3 - \kappa_6$	$z_8$	Высвобождение источника опасности, приводящие к ЧС техногенного характера
$\kappa_3 - \kappa_4$	$z_9$	Объект находится в состоянии, близком к высвобождению источника опасности
$\kappa_4 - \kappa_1$	$z_{10}$	Отсутствие достаточных данных об объекте, источнике опасности, факторов, влияющих на их изменении



Окончание табл.

Переход	Обозначение	Условие перехода
$K_4-K_0$	$z_{11}$	Переход объекта ЧС в нормальный режим функционирования
$K_4-K_5$	$z_{12}$	Сбор и обработка поступающей информации об объекте, источнике опасности, факторов, влияющих на их изменении
$K_5-K_6$	$z_{13}$	Собранная информация и данные об объекте, приводят силы и средства в режим ЧС
$K_6-K_6$	$z_{14}$	Постоянное воздействие опасных факторов на объект
$K_6-K_7$	$z_{15}$	Высвобождение источника опасности на объекте
$K_7-K_8$	$z_{16}$	Ликвидация ЧС на объекте и прилегающей территории
$K_8-K_0$	$z_{17}$	Ликвидация ЧС. Перевод сил, средств МЧС, МВД, МО и др. в режим повседневной деятельности

**2. Автоматная модель действий подразделений МЧС при возникновении ЧС.** Полученное описание позволяет представить математическую модель действий подразделений МЧС при чрезвычайной ситуации техногенного характера в виде конечного автомата Мура [7]:  $C = (K, Z, \beta)$  с алфавитом состояний  $K = \{k_0, \dots, k_8\}$ , алфавитом входов  $Z = \{z_1, \dots, z_{17}\}$ , функции переходов  $\beta$ .

Автомат является неполным, т. к. переходы между некоторыми стадиями неосуществимы. Гра-

фически автомат  $C$  может быть представлен в виде диаграммы Мура (рис. 2).

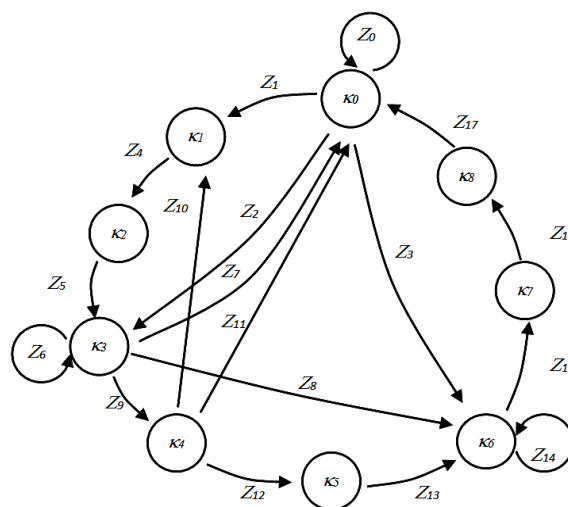


Рис. 2. Диаграмма Мура автоматной модели действий подразделений МЧС при чрезвычайной ситуации техногенного характера

**Выводы.** Разработанная автоматная модель  $C$  действий подразделений МЧС может быть объединена в единую сеть [7, 8] с ранее разработанными автоматными моделями  $A$  и  $B$ , что позволит в большей степени ее детализировать. Полученная объединённая модель может быть использована для имитационного моделирования действий силовых структур при возникновении ЧС техногенного характера. Результаты моделирования будут обладать большей информативностью за счёт большей детализации описания.

В дальнейшем предполагается дополнение данной модели описанием действий других силовых ведомств и органов государственной власти.

Библиографический список

- 1. О внесении изменений в приказы Министра обороны Российской Федерации** по вопросам организации в Вооруженных Силах Российской Федерации мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, организации и координации деятельности органов военного управления в области биологической и химической безопасности [Электронный ресурс]: приказ Министра обороны РФ от 25.03.2009 № 113 // BestPravo: информационно-правовой портал. — (http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/qk-dokumenty/f6r.htm). — (01.02.2014).
- 2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера:** федер. закон от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ // Собр. законодательства РФ. — 1994. — № 35, ст. 3648.
- 3. О единой государственной системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций** [Электронный ресурс]: постановление Правительства России от 30 декабря 2003 года № 794 // Российская газета: официал. сайт. — (http://www.rg.ru/2004/01/20/4p-doc.html). — (01.02.2014).

References

- 1. O vnesenii izmenenij v prikazy Ministra oborony Rossijskoj Federacii po voprosam organizacii v Vooruzhennyx Silax Rossijskoj Federacii meroprijatij po preduprezhdeniyu i likvidacii chrezvychajnyx situacij prirodno i tehnogenno go haraktera, organizacii i koordinacii deyatelnosti organov voennogo upravleniya v oblasti biologicheskoi i ximicheskoi bezopasnosti** [E'lektronnyj resurs]: prikaz Ministra oborony RF ot 25.03.2009 № 113 // BestPravo: informacionno-pravovoj portal. — (http://www.bestpravo.ru/rossijskoje/qk-dokumenty/f6r.htm). — (01.02.2014).
- 2. O zashhite naseleniya i territorij ot chrezvychajnyx situacij prirodno i tehnogenno go haraktera:** feder. zakon ot 21 dekabrya 1994 g. № 68-FZ // Sobr. zakonodatel'stva RF. — 1994. — № 35, st. 3648.
- 3. O edinoj gosudarstvennoj sisteme preduprezhdeniya i likvidacii chrezvychajnyx situacij** [E'lektronnyj resurs]: postanovlenie Pravitel'stva Rossii ot 30 dekabrya 2003 goda № 794 // Rossijskaya gazeta: oficial. sajт. — (http://www.rg.ru/2004/01/20/4p-doc.html). — (01.02.2014).

4. **Меньших, В. В.** Алгоритм имитационного моделирования действий органов внутренних дел при чрезвычайных обстоятельствах криминального характера / В. В. Меньших, А. В. Корчагин // Вестник Воронежского института МВД России. — 2013. — № 3. — С. 164—171.

5. **О классификации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера:** постановление Правительства России от 1 мая 2007 г. № 304 // Собр. законодательства РФ. — 2007. — № 22, ст. 2640.

6. **Кулемин, В. В.** Основы гражданской обороны: учеб. пособие / В. В. Кулемин, В. В. Горлов, А. Ф. Самороковский, С. Д. Селиванов. — Воронеж: Воронежский институт МВД России, 2010. — 184 с.

7. **Кудрявцев, В. Б.** Введение в теорию автоматов / В. Б. Кудрявцев, С. В. Алешин, А. С. Подколотин. — М.: Наука, 1985. — 320 с.

8. **Сысоев, В. В.** Исследование взаимодействий в сети конечных детерминированных автоматов / В. В. Сысоев, В. В. Меньших, Р. А. Солодуха, С. В. Забияко // Радиотехника. — 2000. — № 9. — С. 65—67.

9. **Меньших, В. В.** Оценки длительности выполнения запроса в распределенных системах ОВД методом ветвей и границ / В. В. Меньших, Е. Ю. Никулина // Вестник Воронежского института МВД России. — 2008. — № 1. — С. 109—114.

10. **Меньших, В. В.** Алгоритм имитационного моделирования действий органов управления и подразделений ОВД при возникновении чрезвычайных обстоятельств / В. В. Меньших, Ю. С. Лунев, А. Ф. Самороковский // Вестник Воронежского института МВД России. — 2007. — № 2. — С. 125—129.

11. **Меньших, В. В.** Оценки длительности выполнения запроса в распределенных системах ОВД с помощью генетического алгоритма / В. В. Меньших, Е. Ю. Никулина // Вестник Воронежского института МВД России. — 2008. — № 2. — С. 131—140.

4. **Men'shix, V. V.** Algoritm imitacionnogo modelirovaniya dejstvij organov vnutrennix del pri chrezvychajnyx obstoyatel'stvax kriminal'nogo xaraktera / V. V. Men'shix, A. V. Korchagin // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2013. — № 3. — S. 164—171.

5. **O klassifikacii chrezvychajnyx situacij prirodno i texnogennogo xaraktera:** postanovlenie Pravitel'stva Rossii ot 1 maya 2007 g. № 304 // Sobr. zakonodatel'stva RF. — 2007. — № 22, st. 2640.

6. **Kulemin, V. V.** Osnovy grazhdanskoj oborony: ucheb. posobie / V. V. Kulemin, V. V. Gorlov, A. F. Samorokovskij, S. D. Selivanov. — Voronezh: Voronezhskij institut MVD Rossii, 2010. — 184 s.

7. **Kudryavcev, V. B.** Vvedenie v teoriyu avtomatov / V. B. Kudryavcev, S. V. Aleshin, A. S. Podkolozin. — M.: Nauka, 1985. — 320 s.

8. **Sysoev, V. V.** Issledovanie vzaimodejstvij v seti konechnyx determinirovannyx avtomatov / V. V. Sysoev, V. V. Men'shix, R. A. Soloduxa, S. V. Zabayako // Radiotekhnika. — 2000. — № 9. — S. 65—67.

9. **Men'shix, V. V.** Ocenki dlitel'nosti vypolneniya zaprosa v raspredelennyx sistemax OVD metodom vetvej i granic / V. V. Men'shix, E. Yu. Nikulina // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2008. — № 1. — S. 109—114.

10. **Men'shix, V. V.** Algoritm imitacionnogo modelirovaniya dejstvij organov upravleniya i podrazdelenij OVD pri vzniknovenii chrezvychajnyx obstoyatel'stv / V. V. Men'shix, Yu. S. Lunev, A. F. Samorokovskij // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2007. — № 2. — S. 125—129.

11. **Men'shix, V. V.** Ocenki dlitel'nosti vypolneniya zaprosa v raspredelennyx sistemax OVD s pomoshh'yu geneticheskogo algoritma / V. V. Men'shix, E. Yu. Nikulina // Vestnik Voronezhskogo instituta MVD Rossii. — 2008. — № 2. — S. 131—140.

## AUTOMATON MODEL OF OPERATIONS OF EMERGENCY UNITS WITH AN OCCURRENCE OF MAN-CAUSED EMERGENCY

**Men'shix V. V.,**

D. Sc. in Physics and Mathematics, Prof.,  
Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of the Russian Federation;  
Russia, Voronezh, e-mail: menshikh@list.ru

**Samorokovskij A. F.,**

PhD in Engineering, Assoc. Prof.,  
Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of the Russian Federation;  
Russia, Voronezh

**Korchagin A. V.,**

Lecturer,  
Voronezh Institute of the Ministry of the Interior of the Russian Federation;  
Russia, Voronezh

*Questions of mathematical modeling the interaction of law enforcement agencies and government authorities with an occurrence of men-caused emergency, operating under the Unified state system of prevention and liquidation of emergency situations, are investigated. Especially, the aggregative mathematical model of operations of emergency units interacting with the Interior Ministry with an occurrence of men-caused emergency based on using the theory of finite automata is developed. Obtained description is presented in Moore's diagram.*

**Keywords:** emergencies of technogenic character, divisions of EMERCOM of Russia, divisions of Interior Ministry, finite automaton.

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ОТ ЭКОНОМИЧЕСКИХ И АДМИНИСТРАТИВНО-ПРАВОВЫХ ФАКТОРОВ

**Ю. Н. Зенин, С. Н. Тростянский**

*На основе модели рационального правонарушителя представлены алгоритмы расчета вероятности возникновения пожаров в зданиях производственного назначения в зависимости от статистически измеряемых экономических и административно-правовых факторов. При этом используется алгоритм, позволяющий оценить долю нарушителей требований пожарной безопасности среди собственников хозяйственных объектов на определенной территории в определенный временной период, которым выгодно экономить на нарушениях требований пожарной безопасности при действующих экономических условиях, а также алгоритм оценки средней величины такой экономии. На основе предложенных алгоритмов проведена оценка вероятности возникновения пожаров в зданиях производственного назначения при изменении величины штрафных санкций за нарушение требований пожарной безопасности. Показано применение алгоритмов для определения указанных параметров на примере статистических данных, полученных в Воронежской области.*

**Ключевые слова:** математическое моделирование, пожарная безопасность, вероятность возникновения пожаров, алгоритм оценки параметров модели, модель рационального правонарушителя.

**Введение.** Математическая модель с экономическим подходом, позволяющая оценить зависимости вероятности возникновения пожаров на объектах от административно-правовых факторов, представлена в работе [1]. В рассмотренной модели в качестве административно-правовых факторов, помимо возможных убытков от пожаров в случае их возникновения, рассматривались штрафные санкции за несоблюдение требований пожарной безопасности собственниками объектов. К таким факторам относится существенное увеличение размеров административных штрафов, накладываемых на граждан, должностных лиц и юридических лиц за нарушение требований пожарной безопасности с началом действия Федерального закона «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях по вопросам пожарной безопасности» от 03.06.2011 № 120-ФЗ.

В настоящее время МЧС России планирует полностью вывести из-под своего надзора в обла-

сти пожарной безопасности предприятия малого и среднего бизнеса, а также установить для них «каникулы», освободив от проверок на пять лет [2]. Значительная доля объектов малого и среднего бизнеса приходится на здания производственного назначения. Представляет интерес оценить, используя математическую модель вероятности возникновения пожаров с экономическим подходом, как административные изменения штрафных санкций отразятся на вероятности возникновения пожаров для зданий производственного назначения. Для применения указанной модели и расчета ее параметров воспользуемся статистическими данными [3] для зданий производственного назначения Воронежской области.

**Теоретические расчеты и результаты.** Причины пожаров, связанные с человеческим фактором и относящиеся к профилируемым ГПС МЧС России, составляют [4] более 70 % от общего количества пожаров. Полагая линейную зависимость количества таких пожаров от общего количества зданий производственного назначения с нарушениями требований пожарной безопасности, выражение для вероятности возникновения пожаров на таких объектах в определенный интервал времени с учетом статистического определения частоты пожаров согласно модели [1] можно записать как

$$p = p_n + p_p = p_n + kC, \quad (1)$$

где  $k$  — региональный коэффициент пропорциональности между вероятностью пожаров в зданиях

---

**Зенин Юрий Николаевич**, начальник Воронежского института ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, e-mail: vigps@mail.ru  
**Тростянский Сергей Николаевич**, д-р техн. наук, доц., проф. кафедры физики, Воронежский институт ГПС МЧС России; Россия, г. Воронеж, тел.: (473)236-33-05; e-mail: trostyansky2012@yandex.ru

---

производственного назначения, обусловленных профилируемыми факторами, и долей  $C$  среди объектов, собственники которых нарушают требования пожарной безопасности;  $p_n, p_p$  — вероятности возникновения пожаров за счет соответственно не профилируемых и профилируемых ГПС факторов.

Расчет экономического множителя  $C$ , отражающего экономическое представление хозяйствующих субъектов о целесообразности нарушения требований пожарной безопасности и определяющего долю собственников объектов, которым выгодно экономить средства за счет несоблюдения названных требований, проведен на основе экономической модели рационального правонарушителя [1]:

$$C = \int_{fH}^{\infty} \int_0^{\frac{(1-p)(b-fH)}{p}} \rho_{\mu, \sigma_u}(u) \rho_{\eta, \sigma_b}(b) du db, \quad (2)$$

$$\rho_{\mu, \sigma_u}(u) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_u}u} \exp\left\{-\frac{[\ln(u) - \ln(\mu)]^2}{2\sigma_u^2}\right\},$$

$$\rho_{\eta, \sigma_b}(b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_b}b} \exp\left\{-\frac{[\ln(b) - \ln(\eta)]^2}{2\sigma_b^2}\right\},$$

где  $\rho_{\mu, \sigma_u}(u)$  — плотность логнормально распределенной случайной величины  $u$  потерь собственников объектов от одного пожара;  $\mu$  — медианное значение для соответствующего распределения величины потерь от одного пожара;  $\sigma_u$  — дисперсия для нормального распределения логарифма величины потерь от одного пожара  $\ln(u)$ ;  $\rho_{\eta, \sigma_b}(b)$  — плотность логнормально распределенной случайной величины  $b$  прибыли собственников объектов за год от экономии на несоблюдении требований пожарной безопасности с медианным значением  $\eta$  для соответствующего распределения и дисперсией  $\sigma_b$  для нормального распределения  $\ln(b)$ ;  $f$  — вероятность штрафных санкций для нарушителей требований пожарной безопасности за год;  $H$  — среднее значение величины штрафных санкций, накладываемых на нарушителей требований пожарной безопасности [1].

На основе анализа временного ряда данных ГПС МЧС по Воронежской области за 2002—2012 годы согласно модели [1], применяя статистический пакет SPSS, для динамики вероятности возникновения пожаров в зданиях производственного назначения получено выражение:

$$p(t) = p_n + p_p(t_0) \exp[-\lambda(t - t_0)] = 0,172 \cdot \exp[-0,129(t - t_0)], \quad (3)$$

где  $\lambda$  — параметр, отражающий изменение микро-правовых факторов. Таким образом, параметры временного ряда в зданиях производственного назначения принимают значения

$$p_n(t_0) = 0,$$

$$p_p(t_0) = 0,172, \lambda = 0,129.$$

С учетом статистических данных ГПС МЧС вероятности возникновения пожаров в зданиях производственного назначения Воронежской области в 2010 и 2012 годах составляют соответственно  $p_{2010} = 0,06233, p_{2012} = 0,04641$ .

Принимая во внимание значения параметров, входящих в формулу (3), а также полагая неизменными величины региональных коэффициентов пропорциональности  $k_{2010}$  и  $k_{2012}$  для временного периода с 2010 по 2012 годы, отношение вероятностей возникновения пожаров в зданиях производственного назначения за счет профилируемых ГПС факторов с учетом (1) будет составлять

$$\frac{p_{2010} - p_n}{p_{2012} - p_n} = \frac{k_{2010} C_{2010}}{k_{2012} C_{2012}} = \frac{C_{2010}}{C_{2012}}. \quad (4)$$

Левая часть равенства (4) представляет экспериментальное значение, определяемое из статистических данных вероятности возникновения пожаров в зданиях производственного назначения по Воронежской области, и составляет 1,343.

Представим правую часть равенства (4) с учетом (2). Предполагая, что распределение величины потерь собственников объектов от пожаров и распределение доходов собственников от экономии на требованиях пожарной безопасности соответствует распределению общих доходов собственников соответствующих объектов, считаем, что в выражениях (2) дисперсия нормального распределения логарифма величины потерь от одного пожара равна дисперсии нормального распределения логарифма величины прибыли собственников объектов за год от экономии на несоблюдении требований пожарной безопасности, т. е.  $\sigma_u = \sigma_b = \sigma$ . В этом случае выражение (4) принимает вид

$$\left( \int_{fH_{2010}}^{\infty} \left( 0,5 + 0,5 \operatorname{erf} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \times \ln \left[ \frac{(1-p_{2010})(b-fH_{2010})}{p_{2010}\mu} \right] \right\} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}b} \cdot \exp \left( - \left[ \frac{\ln b - \ln \eta}{\sqrt{2}\sigma} \right]^2 \right) db \right) \times \left( \int_{fH_{2012}}^{\infty} \left( 0,5 + 0,5 \operatorname{erf} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \times \ln \left[ \frac{(1-p_{2012})(b-fH_{2012})}{p_{2012}\mu} \right] \right\} \right) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}b} \cdot \exp \left( - \left[ \frac{\ln b - \ln \eta}{\sqrt{2}\sigma} \right]^2 \right) db \right)^{-1} = \frac{p_{2010} - p_n}{p_{2012} - p_n}, \quad (5)$$

где индекс «2010» относится к данным за 2010 год, а индекс «2012» — к данным за 2012 год;  $f$  — вероятность штрафных санкций за год для правонарушителя

лей, определяемая вероятностью инспекторской проверки объекта за год (считается, что при проверке инспектируемого объекта с нарушениями требований пожарной безопасности штрафные санкции неизбежны);  $\mu$  — медианное значение убытков от пожаров в зданиях производственного назначения за 2009—2012 гг., определяемое по доказанным прямым убыткам от пожаров;  $\eta$  соответствует медианным значениям доходов собственников объектов от экономии на выполнении требований пожарной безопасности для зданий производственного назначения по Воронежской области в 2010 и 2012 годах.

На основании статистических данных ГПС МЧС России 2012 года [3], средняя вероятность проверок плановых и внеплановых в зданиях производственного назначения по Воронежской области за год составляет  $f = 0,12$ , среднее значение величины штрафов в зданиях производственного назначения для 2012 года —  $H_{2012} = 11,746 \cdot 10^3$  руб., тогда величина  $fH_{2012} = 1,417 \cdot 10^3$  руб. Статистические данные по штрафным санкциям для зданий производственного назначения за 2010 год в [3] не представлены. Для оценки величины убытков от штрафных санкций  $fH_{2010}$  для зданий производственного назначения Воронежской области за 2010 год воспользуемся тем, что по статистическим данным ГПС МЧС России известны средние значения величины штрафов за 2010 и 2012 годы для всех инспектируемых в Воронежской области объектов.

Считая, что отношение средних величин штрафов до и после введения в действие Федерального закона «О внесении изменений в Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях по вопросам пожарной безопасности» от 03.06.2011 № 120-ФЗ, для зданий производственного назначения в Воронежской области  $H_{2010} / H_{2012} = z^{проект}$  такое же, как отношение средних величин штрафов для всех инспектируемых объектов Воронежской области

$$\frac{H_{2010}^{инсп}}{H_{2012}^{инсп}} = z^{инсп},$$

т. е.  $z^{инсп} = z^{проект} = 0,209$ , величину убытков от штрафных санкций в зданиях производственного назначения за 2010 год оцениваем как

$$fH_{2010} = z^{проект} fH_{2012} = 0,296 \cdot 10^3 \text{ рублей.}$$

По статистическим данным о величинах доказанных прямых убытков от пожара в зданиях производственного назначения в Воронежской области за период с 2009 по 2012 год была построена квантиль-диаграмма и ее тренд для логнормального закона распределения величин доказанных прямых убытков от пожара. Линия тренда имеет вид:

$$\ln(u) = 2,915 \cdot Z + 10,698, \quad (6)$$

при этом величина достоверности аппроксимации составляет  $R^2 = 0,978$ , что свидетельствует о корректности применения логнормального закона рас-

пределения для величин доказанных прямых убытков от пожаров. Устойчивость этого тренда дает основание использовать параметры этого распределения для определения параметров  $\sigma$  и  $\mu$  в уравнении (5) для зданий производственного назначения Воронежской области в период с 2009 по 2012 гг. Из выражения (6) в уравнении (5) значение параметра  $\sigma = 2,915$ , а параметра

$$\mu = \exp(10,698) = 44,180 \cdot 10^3 \text{ руб.}$$

Из уравнения (5) с учетом найденных значений  $\sigma$  и  $\mu$  численным методом было получено значение параметра  $\eta = 172,28$  рубля, являющееся медианным значением величины прибыли от экономии на невыполнении требований пожарной безопасности собственниками зданий производственного назначения в Воронежской области в период 2010—2012 гг. Тогда среднее значение  $B$  соответствующей величины прибыли от экономии на невыполнении требований пожарной безопасности, определяемое как

$$B = \eta \cdot \exp\left[\frac{\sigma^2}{2}\right],$$

составляет  $B = 12,060 \cdot 10^3$  рублей.

Из уравнения (2) с учетом найденных величин параметров были получены значения доли нарушителей требований пожарной безопасности среди собственников зданий производственного назначения на территории Воронежской области в 2010 и 2012 годах, которые составляют соответственно  $C_{2010} = 0,182$  и  $C_{2012} = 0,134$ .

Значение регионального коэффициента пропорциональности  $k$  между вероятностью пожаров в зданиях производственного назначения, обусловленных профилируемыми факторами и экономическим множителем  $C$ , определяемое из формулы (1), составляет

$$k = \frac{P_{2010} - P_n}{C_{2010}} = 0,342.$$

Учитывая планы [2] по выведению из-под надзора в области пожарной безопасности предприятий малого и среднего бизнеса, значительная часть которых приходится на здания производственного назначения, оценим экономический множитель  $C_{H=0}$  и вероятность возникновения пожаров  $P_{H=0}$  в зданиях производственного назначения Воронежской области при отсутствии штрафных санкций, т. е. при  $H = 0$  по формуле (2), при условии, что остальные факторы остаются неизменными на уровне 2012 года. Тогда

$$C_{H=0} = \left( \int_0^{\infty} \left( 0,5 + 0,5 \operatorname{erf} \left\{ \frac{1}{\sqrt{2}\sigma} \cdot \ln \left[ \frac{(1 - P_{2012})b}{P_{2012}\mu_{2012}} \right] \right\} \right) \times \right. \\ \left. \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma b}} \cdot \exp \left( - \left[ \frac{\ln b - \ln \eta}{\sqrt{2}\sigma} \right]^2 \right) db \right),$$

$$p_{H=0} = p_n + kC_{H=0}$$

Получено  $C_{H=0} = 0,269$ ,  $p_{H=0} = 0,092$ .

**Выводы.** На основе модели рационального правонарушителя, представлены алгоритмы расчета вероятности возникновения пожаров в зависимости от статистически измеряемых экономических и административно-правовых факторов на примере зданий производственного назначения.

Показано, что существенное увеличение размеров административных штрафов, накладываемых на граждан, должностных лиц и юридических лиц за нарушение требований пожарной безопасности,

с началом действия Федерального закона от 03.06.2011 № 120-ФЗ привело к уменьшению доли нарушителей требований пожарной безопасности  $C$  в зданиях производственного назначения Воронежской области с  $C_{2010} = 0,182$  в 2010 г. до  $C_{2012} = 0,134$  в 2012 г.

Выполнена оценка вероятности возникновения пожаров для зданий производственного назначения Воронежской области с учетом полной отмены штрафных санкций:  $p_{H=0} = 0,092$ , что на 100 % больше соответствующей вероятности возникновения пожаров в 2012 году.

#### Библиографический список

1. Оценка вероятности возникновения пожаров на основе математической модели, учитывающей факторы, определяющие долю нарушителей требований пожарной безопасности среди собственников объектов / С. Н. Тростянский [и др.] // Пожарная безопасность. — 2013. — № 2. — С. 86—91.
2. МЧС планирует на 5 лет освободить от проверок малый и средний бизнес [Электронный ресурс] // РИА Новости: национальное хост-агентство и фотопул. — (<http://ria.ru/society/20131026/972783351.html#ixzz2jNFAC411>). — (10.12.2013).
3. АИС «Электронный инспектор» [Электронный ресурс]: система гос. надзоров МЧС России / Департамент надзорной деятельности МЧС России. — Доступ из интрасети: <http://10.114.24.160/stats.php>.
4. **Белозеров. В. В.** Модель оптимизации социально-экономических потерь от пожаров / В. В. Белозеров, Е. И. Богуславский, Н. Г. Топольский // Проблемы информационной экономики. Вып. VI. Моделирование инновационных процессов и экономической динамики: сб. науч. тр. / под ред. Р. М. Нижегородова. — М.: Ленанд, 2006. — С. 226—246.

#### References

1. Ocenka verojatnosti vznikovenija požarov na osnovе matematicheskoj modeli, uchityvajushhej faktory, opredel'jajushhie dolju narushitelej trebovanij požarnoj bezopasnosti sredi sobstvennikov ob'ektov / S. N. Trostjanskij [i dr.] // Požarnaja bezopasnost'. — 2013. — № 2. — S. 86—91.
2. MChS planiruet na 5 let osvobodit' ot proverok malyj i srednij biznes [Jelektronnyj resurs] // RIA Novosti: nacional'noe host-agentstvo i fotopul. — (<http://ria.ru/society/20131026/972783351.html#ixzz2jNFAC411>). — (10.12.2013).
3. AIS «Jelektronnyj inspektor» [Jelektronnyj resurs]: sistema gos. nadzorov MChS Rossii / Departament nadzornoj dejatel'nosti MChS Rossii. — Dostup iz intraseti: <http://10.114.24.160/stats.php>.
4. **BelozeroV. V. V.** Model' optimizacii social'no-jeconomicheskikh poter' ot požarov / V. V. BelozeroV, E. I. Boguslavskij, N. G. Topol'skij // Problemy informacionnoj jekonomiki. Vyp. VI. Modelirovanie innovacionnyh processov i jekonomicheskoy dinamiki: sb. nauch. tr. / pod red. R. M. Nizhegorodova. — M.: Lenand, 2006. — S. 226—246.

## MATHEMATICAL MODELING OF DEPENDENCE OF FIRES AT INDUSTRIAL BUILDINGS PROBABILITY ON ECONOMIC AND LEGAL-ADMINISTRATIVE FACTORS

**Zenin Yu. N.,**

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;  
Russia, Voronezh, e-mail: [vigps@mail.ru](mailto:vigps@mail.ru)

**Trostyanskij S. N.,**

D. Sc. in Engineering, Assoc. Prof.,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia;

Russia, Voronezh, tel.: (473)2363-305, e-mail: [trostyansky2012@yandex.ru](mailto:trostyansky2012@yandex.ru)

*The algorithms for calculating the probability of industrial fires, depending on statistically measurable economic, administrative and legal factors are presented based on the model of a rational offender. Thus the algorithm is used allowing to estimate the share of fire safety requirements violators among the owners of economic objects at a particular place and particular time, who consider it profitable to violate fire safety requirements under the existing economic conditions, as well as the algorithm of an average amount of such profit estimation. On the basis of the algorithms proposed, the probability of fires at industrial buildings is evaluated in case of variation of the value of penalties for fire safety requirements violation. The algorithms application for the mentioned parameters definition is illustrated with the use of statistical data on fires in Voronezh region.*

**Keywords:** mathematical modeling, fire safety, probability of fires, algorithm for model parameters estimation, rational offender model.