

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

NATURAL AND TECHNOLOGICAL RISKS

(PHYSICS-MATHEMATICAL AND APPLIED ASPECTS)

№ 1 (17) – 2016

Редакционный совет

Председатель – доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Артамонов Владимир Сергеевич**, статс-секретарь – заместитель министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, действительный Государственный советник Российской Федерации I класса, почетный президент Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Заместитель председателя – доктор политических наук, кандидат исторических наук **Мусиенко Тамара Викторовна**, заместитель начальника университета по научной работе.

Заместитель председателя (ответственный за выпуск журнала) – доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Медведева Людмила Владимировна**, заведующий кафедрой физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, профессор кафедры пожарной безопасности зданий и автоматизированных систем пожаротушения;

доктор технических наук, профессор полковник внутренней службы **Шарапов Сергей Владимирович**, начальник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности;

кандидат педагогических наук **Давыдова Любовь Евгеньевна**, проректор университета по платной деятельности – ректор института безопасности жизнедеятельности;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного государственного заочного технического университета;

доктор педагогических наук, профессор **Солиццев Владимир Олегович**, профессор кафедры переподготовки и повышения квалификации специалистов;

доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры горноспасательного дела и взрывобезопасности.

Секретарь совета:

кандидат педагогических наук капитан внутренней службы **Балабанов Марк Александрович**, ответственный секретарь редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Редакционная коллегия

Председатель – подполковник внутренней службы **Стёпкин Сергей Михайлович**, начальник редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Заместитель председателя – капитан внутренней службы **Алексеева Людмила Викторовна**, начальник отделения – главный редактор редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Члены редакционной коллегии:

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Щербаков Олег Вячеславович**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Таранцев Александр Алексеевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Алексеин Евгений Борисович**, заместитель начальника университета – начальник института заочного и дистанционного обучения;

кандидат технических наук, доцент **Романов Николай Николаевич**, доцент кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности;

кандидат педагогических наук, доцент майор внутренней службы **Подружкина Татьяна Александровна**, начальник кафедры прикладной математики и информационных технологий;

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, технический редактор редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Секретарь коллегии:

капитан внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, редактор редакционного отделения центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

| | |
|---|----|
| Лабинский А.Ю., Уткин О.В. К вопросу аппроксимации функции нейронной сетью | 5 |
| Решетов А.П., Косенко Д.В., Сапрыкин В.А. Некоторые аспекты тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на радиационно-опасных объектах | 11 |
| Заборский Б.В., Порядин С.В. Прогнозирование чрезвычайных ситуаций гидрологического характера на основе анализа статистических данных | 16 |
| Кизунов И.А. Анализ состояния проблемы идентификации взрывчатых материалов на объектах транспорта и вероятные пути ее решения | 26 |

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

| | |
|---|----|
| Данилов И.Л. Актуальные проблемы создания комфортной среды жизнедеятельности .. | 40 |
| Карташова А.П. Мультифрактальный анализ полупроводниковых светоизлучающих структур | 45 |
| Коннова Л.А. Радиометрические и дозиметрические величины в области радиационной безопасности и единицы их измерения | 51 |
| Трачевская Е.С., Иванов А.В. Нейросетевое решение обратной задачи идентификации нефтепродуктов методом спектроскопии комбинационного рассеяния | 59 |

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

| | |
|---|----|
| Асеев И.М. Педагогические особенности дополнительного обучения возрастных обучающихся с применением личностно-ориентированных технологий | 68 |
| Кузьмин А.А., Романов Н.Н. О возможных схемах проведения натурно-виртуального и виртуально-натурного лабораторных экспериментов в учебном процессе | 74 |
| Ищенко А.Д., Таранцев А.А. О демографических особенностях некоторых субъектов Российской Федерации | 78 |
| Лабинский А.Ю., Ильин А.В. Фракталы и защита информации | 82 |
| Сведения об авторах | 87 |
| Информационная справка | 88 |
| Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты) | 96 |

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)», без письменного разрешения редакции не допускается. Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

**ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)**

Отзывы и пожелания присыпать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, 149. Редакция журнала «Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты)»; тел. (812) 645-20-35. E-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2016

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

К ВОПРОСУ АППРОКСИМАЦИИ ФУНКЦИИ НЕЙРОННОЙ СЕТЬЮ

А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент;

О.В. Уткин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены особенности использования нейронных сетей для аппроксимации функций. Приведены логическая структура нейронной сети и этапы решения задачи аппроксимации с помощью искусственных нейронных сетей. Искусственная нейронная сеть реализована в виде программы на ЭВМ.

Ключевые слова: искусственный нейрон, искусственные нейронные сети, компьютерная программа, математическая модель

PROBLEM OF USE THE NEURAL NETWORKS FOR THE FUNCTION APPROXIMATION

A.Yu. Labinskiy; O.V. Utkin.

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

This article presents the problem of use the neural networks for the function approximation. The synthetic neural network to realize in form the mathematical model and computing program.

Keywords: synthetic neuron, synthetic neural networks, computing program, mathematical model

В целях снижения техногенных рисков и повышения эффективности деятельности подразделений МЧС России большое значение имеет определение закономерностей возникновения чрезвычайных ситуаций путем создания математических моделей сложных технологических объектов и систем. В процессе создания математических моделей важную роль играет подбор аппроксимирующих зависимостей, который может быть осуществлен с помощью такого универсального средства, как нейронная сеть.

Нейронная сеть представляет собой математическую модель, представленную в виде системы взаимодействующих между собой искусственных нейронов [1]. Основным отличием такой математической модели является возможность обучения, которая заключается в нахождении значений коэффициентов связи между искусственными нейронами сети. Процесс обучения нейронной сети позволяет определять зависимости между входными и выходными данными, то есть производить моделирование числовых характеристик исследуемого объекта, в том числе выполнять аппроксимацию [2].

Аппроксимацией или приближением функции $F(x)$ называется процесс моделирования функции $G(x)$ (нахождение аппроксимирующей функции $G(x)$, которая близка к функции $F(x)$, то есть удовлетворяет критериям близости функций $F(x)$ и $G(x)$). В качестве примеров такой аппроксимации можно привести разложение функции в ряд

Тейлора, в результате которого производится замена функции степенным многочленом, а также приближенное вычисление интеграла. Аппроксимация позволяет исследовать качественные свойства и числовые характеристики объекта с помощью более простых или более удобных и универсальных математических моделей, таких как нейронные сети. Нейронные сети могут аппроксимировать любые непрерывные функции с заданной точностью [3]. Многослойная нейронная сеть, имеющая соответствующее количество слоев и соответствующие значения параметров нейронов, может моделировать на выходе произвольную многомерную функцию. Как и математические ряды (степенные многочлены), искусственные нейронные сети являются универсальным инструментом аппроксимации функций [4].

Схема нейронной сети с блоками обучения и вычисления ошибки представлена на рис. 1.

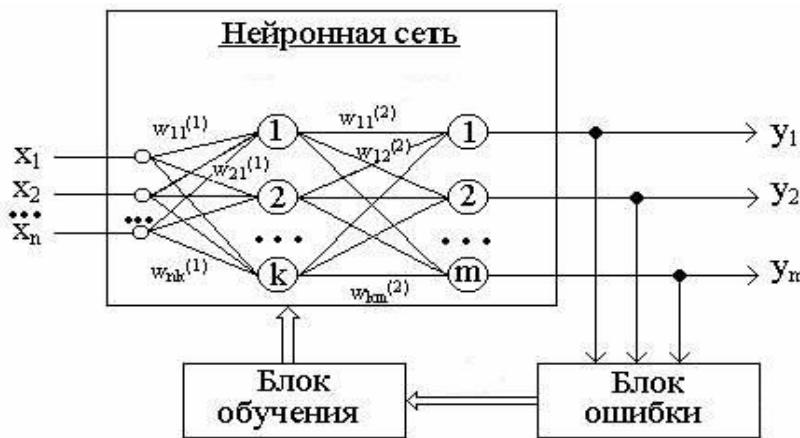


Рис. 1. Нейронная сеть с блоками обучения и вычисления ошибки

Нейронная сеть состоит из искусственных (формальных) нейронов. Основной функцией искусственного нейрона является формирование выходного сигнала в зависимости от сигнала на входе [5]. Искусственный нейрон имеет односторонние входные связи с выходами других нейронов. Каждая входная связь нейрона характеризуется коэффициентом связи (синаптическим весом). Значение каждой компоненты входного сигнала умножается на соответствующий коэффициент связи и суммируется в сумматоре. Таким образом, искусственный нейрон обрабатывает входные сигналы путем аддитивного суммирования. Модель искусственного нейрона представлена на рис. 2.

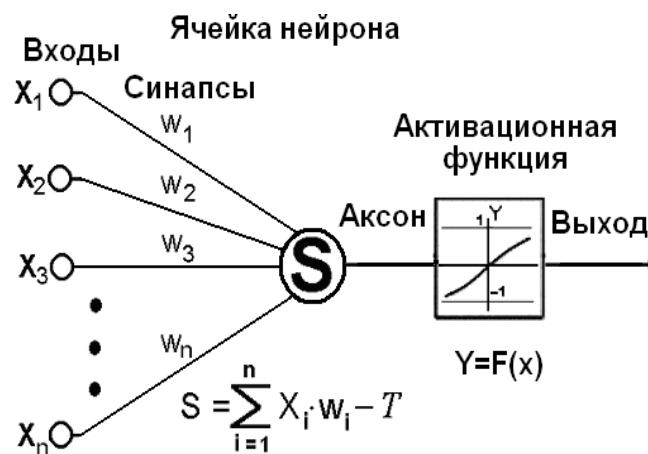


Рис. 2. Модель искусственного нейрона

Текущее состояние искусственного нейрона определяется с помощью взвешенной суммы значений входных сигналов [6]:

$$S = \sum_{i=1}^n \omega_i \cdot x_i - T,$$

где S – результат суммирования; n – число входов нейрона; ω_i – коэффициент связи; x_i – компонента вектора входного сигнала; T – значение смещения.

Выходной сигнал сумматора поступает в нелинейный преобразователь, где преобразуется функцией активации (передаточной функцией) и подается на выход искусственного нейрона. Функции активации (передаточные функции) нейронов фиксированы, а коэффициенты связи (синаптические веса) являются параметрами искусственной нейронной сети и могут изменяться (настраиваться). Если функция активации нейрона не линейна, то возможности нейронной сети становятся выше возможностей одного нейрона [7].

Выбор архитектуры искусственной нейронной сети зависит от сложности моделируемого объекта. При моделировании искусственной нейронной сети можно выделить следующие этапы [8]:

- создание сети (выбор количества слоев и количество нейронов в каждом слое);
- обучение сети (подготовка и нормализация входных и выходных данных – создание обучающей выборки);
- тестирование сети (подготовка данных, которые не участвовали в обучении сети – создание тестовой выборки);
- использование сети для моделирования исследуемого объекта (аппроксимации заданной функции).

Модель нейронной сети

В целях аппроксимации функции была создана трехслойная искусственная нейронная сеть прямого распространения (однонаправленная сеть без обратных связей), содержащая 20 нейронов во входном слое (распределительный слой), 20 нейронов в скрытом слое и один нейрон в выходном слое (рис. 3).

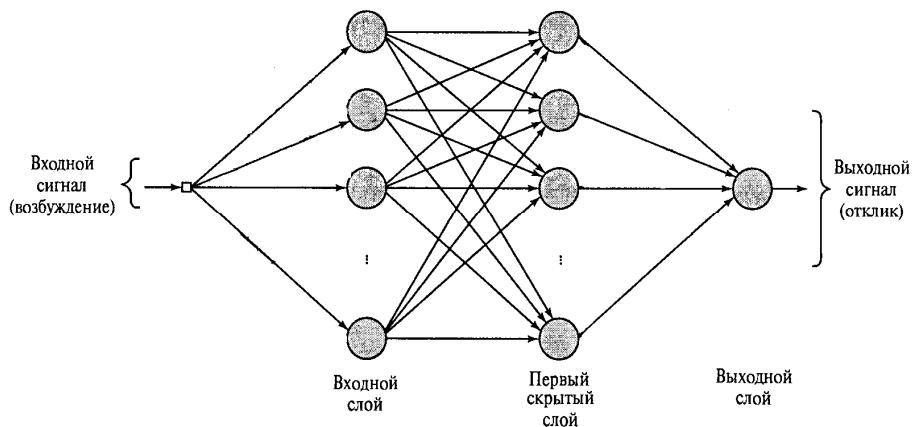


Рис. 3. Схема расчетной модели нейронной сети

В качестве функции активации (передаточной функции) использовались линейная функция и гиперболический тангенс (рис. 4).

$$\text{th}(NET) = \frac{e^{NET} - e^{-NET}}{e^{NET} + e^{-NET}}$$

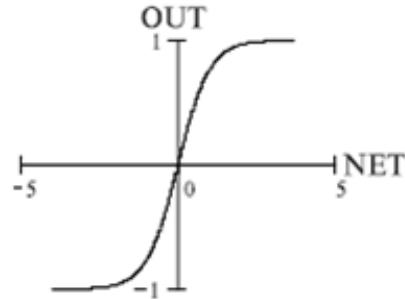


Рис. 4. Функция активации – гиперболический тангенс

Целью обучения искусственной нейронной сети является получение таких значений коэффициентов связи (синаптических весов), которые обеспечивают для множества значений входных данных требуемое множество значений выходных данных [1]. В качестве обучающего алгоритма был выбран модифицированный алгоритм обучения Розенблатта [2], который в общем виде может быть представлен следующим образом:

$$\omega_{i+1} = \omega_i + \alpha * \Delta \omega_i,$$

где α – коэффициент обучения, который находится в диапазоне от 0 до 1. Коэффициент обучения α может быть постоянным или адаптивным (зависящим от номера итерации процесса обучения). Величина $\Delta \omega_i$ зависит от величины ошибки обучения, определяемой путем сравнения выходных значений нейронной сети с требуемыми выходными значениями обучающей выборки. В данной искусственной нейронной сети использовалась средняя квадратичная ошибка, определяемая по формуле:

$$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n e_i^2.$$

Рассмотренная искусственная нейронная сеть была реализована в виде программы на ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 5.

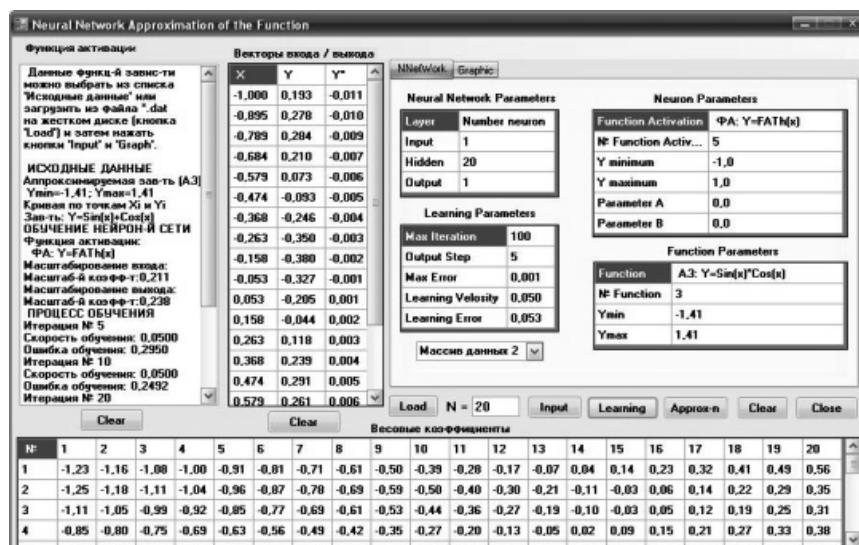


Рис. 5. Интерфейс программы аппроксимации функций нейронной сетью

На каждом цикле обучения на вход сети последовательно подаются все компоненты входного вектора. Получаемые выходные значения сравниваются со значениями выходного вектора обучающей выборки. Далее вычисляется значение средней квадратичной ошибки, которое используется для корректировки коэффициентов связи (синаптических весов).

При использовании в качестве функции активации гиперболического тангенса на вход сети подавался вектор данных, компоненты которого расположены на отрезке $[-1, 1]$. Размерность вектора $N=20$. Выходной вектор имеет компоненты, соответствующие компонентам входного вектора. В качестве обучающих зависимостей были использованы следующие функциональные зависимости:

$$-Y=1-\text{Exp}(-a*X)*\text{Cos}(b*X);$$

$$-Y=\text{Sin}(X)*\text{Cos}(X);$$

$$-Y=a*\text{Sin}(\text{Log}_{10}(X)).$$

Графики обучающих зависимостей представлены на рис. 6.

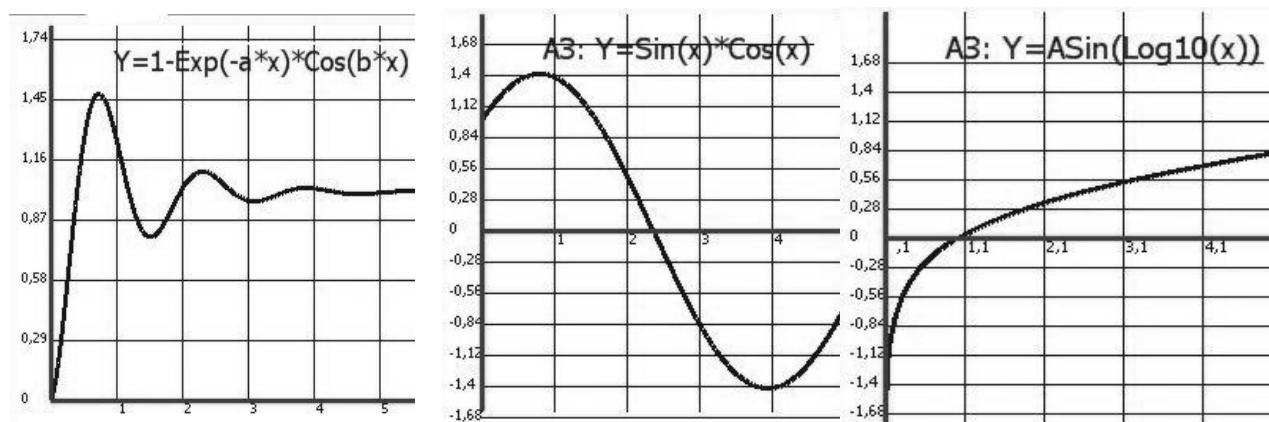


Рис. 6. Графики обучающих зависимостей

Тестовая выборка – входной вектор данных, зашумленных со средним значением шума от 5 % до 15 % и распределенным по равномерному закону. Результаты аппроксимации указанных функций представлены на рис. 7–9 (сплошная линия – аппроксимирующая зависимость при отсутствии шума, пунктирная линия – при наличии шума).

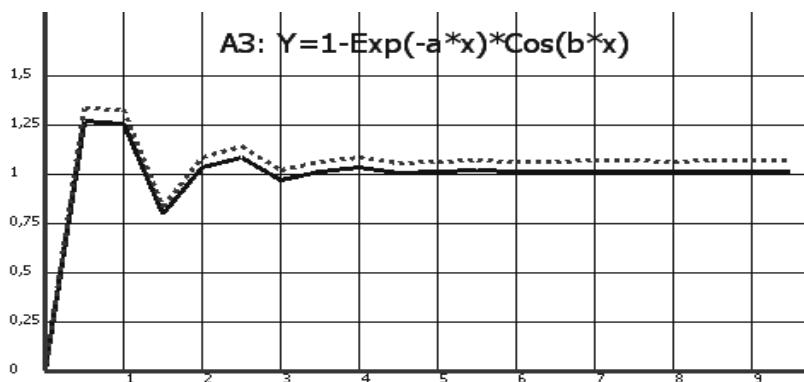


Рис. 7. Аппроксимация функции $Y=1-\text{Exp}(-a*X)*\text{Cos}(b*X)$

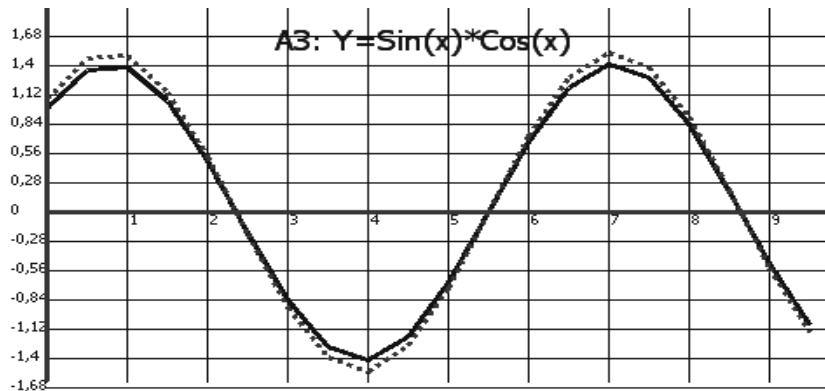


Рис. 8. Аппроксимация функции $Y=\text{Sin}(X) * \text{Cos}(X)$

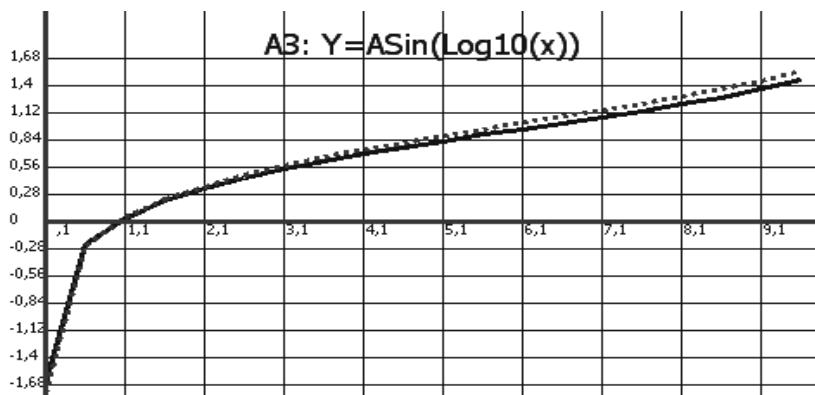


Рис. 9. Аппроксимация функции $Y=a * \text{Sin}(\text{Log}_{10}(X))$

Результаты тестирования показали, что созданная модель трехслойной искусственной нейронной сети прямого распространения способна обеспечить приемлемую степень аппроксимации функции как при отсутствии зашумления входного вектора данных, так и при зашумлении входного вектора данных при уровне шума от 5 % до 15 %. Как и следовало ожидать, с увеличением уровня шума процент ошибки аппроксимации возрастает.

Литература

1. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. М.: Изд-во «Вильямс», 2006.
2. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. М.: Изд-во «Горячая линия-Телеком», 2001.
3. Лазарев В.М., Свиридов А.П. Нейросети и нейрокомпьютеры. М.: Изд-во МГТУ РЭА, 2011.
4. Рутковский Л., Пилинский М., Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Изд-во «Телеком», 2004.
5. Горбань А.Н., Россиев Д.А. Нейронные сети на персональном компьютере. Новосибирск: Изд-во «Наука», 2006.
6. Брюхомицкий Ю.А. Нейросетевые модели для систем информационной безопасности: учеб. пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2005.
7. Оссовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Изд-во «Финансы и статистика», 2002.
8. Терехов В.А., Ефимов Д.В., Тюкин И.Ю. Нейросетевые системы управления. М.: Изд-во «Высш. шк.», 2002.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ И ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА РАДИАЦИОННО-ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

А.П. Решетов, кандидат технических наук, доцент;

Д.В. Косенко;

В.А. Сапрыкин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приведены статистические данные по авариям и пожарам и их последствиям на некоторых радиационно-опасных объектах в России и за рубежом. Показано отличие пожарной опасности радиационно-опасных объектов от пожарной опасности других объектов промышленности. Рассмотрены возможные опасные факторы при тушении пожаров на радиационно-опасных объектах и мероприятия по подготовке подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России к тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ таких объектах.

Ключевые слова: радиационно-опасные объекты, опасные факторы пожаров на радиационно-опасных объектах, мероприятия по подготовке подразделений Государственной противопожарной службы

SOME ASPECTS OF FIGHTING FIRES AND HOLDING RESCUE ON RADIATION HAZARDOUS FACILITIES

A.P. Reshetov; D.V. Kosenko; V.A. Saprykin.

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

The statistical data on accidents and fires and their impacts on some radiation-hazardous facilities in Russia and abroad. Illustrates the difference between fire danger radiation hazardous facilities from fire hazard other industrial facilities. The possible hazards when fighting fires in radiation-hazardous facilities and activities on preparation of divisions of State fire service of EMERCOM of Russia in extinguishing fires and conducting rescue operations such

Keywords: radiation-dangerous objects, dangerous factors of fires on radiation-dangerous objects, preparations for the of State fire service

За последние несколько десятилетий человек создал десятки искусственных радионуклидов и научился использовать энергию атома в самых разных целях: в медицине и для создания атомного оружия, для производства энергии и обнаружения пожаров, для изготовления светящихся циферблатов часов и поиска полезных ископаемых и т.п. Все это приводит к увеличению дозы облучения как отдельных людей, так и населения Земли в целом. Индивидуальные дозы, получаемые разными людьми от искусственных источников радиации, сильно различаются. В большинстве случаев эти дозы весьма невелики, но иногда облучение за счет техногенных источников оказывается во много тысяч раз интенсивнее, чем за счет естественных.

Как правило, для техногенных источников радиации упомянутая вариабельность выражена гораздо сильнее, чем для естественных. Кроме того, порождаемое ими излучение обычно легче контролировать, хотя облучение, связанное с радиоактивными осадками от ядерных взрывов, почти так же невозможно контролировать, как и облучение, обусловленное космическими лучами или земными источниками.

Радиационно-опасные объекты (РОО) – предприятия, на которых в результате аварии или иных разрушений могут произойти массовые радиационные поражения людей, животных, растений и радиоактивное заражение окружающей природной среды. К ним относятся:

- предприятия ядерного топливного цикла – урановая промышленность, радиохимическая промышленность, ядерные реакторы разных типов, предприятия по переработке ядерного топлива и захоронения радиоактивных отходов;
- научно-исследовательские и проектные институты, имеющие ядерные установки;
- транспортные ядерные энергетические установки;
- военные объекты.

Аварии, связанные с выбросом в окружающую среду радиоактивных веществ, относятся к экологической катастрофе. Все радиоактивные загрязнители, поступающие в окружающую среду посредством выбросов и сбросов, относятся к антропогенным загрязнителям.

Мелких и средних аварий на более чем 400 действующих в мире реакторов было много. Самые крупные аварии – в Уиндсейле в 1957 г. (Великобритания), на реакторе Тримайл-Айленд (США) в 1979 г. и Чернобыльская АЭС (СССР) в 1986 г. [1].

В случае аварии на Тримайл-Айленд за пределы корпуса реактора вышло 25 % радиоактивного йода, 53 % цезия, но в окружающую среду за пределы внешних защитных сооружений реактора выделилось относительно небольшое количество радиоактивных продуктов.

Крупномасштабные радиационные загрязнения и облучение населения происходило в начале деятельности предприятий ядерного топливного цикла в США (Хендфордский ядерный комплекс, 1945–1956 гг.) и в СССР (Южный Урал, ПО «Маяк», 1946–1956) [1].

Преодоление последствий даже небольшой по масштабам радиационной аварии отнимает огромные силы и средства.

Наиболее полно это можно увидеть на примере двух (наиболее сильных как по масштабам, так и последствиям) аварий в бывшем СССР – это радиационные аварии на челябинском «Маяке» и четвертом реакторе Чернобыльской АЭС. От этих аварий пострадало 26 тыс. и около 600 тыс. человек соответственно, эвакуированы десятки тысяч людей, из оборота изъято 16,3 и 114 тыс. га, в том числе сельскохозяйственных площадей 14,1 и 76 тыс. га. В результате аварии на Чернобыльской АЭС произошло радиоактивное загрязнение (РЗ) территории Европы на площади около 200 тыс. км². В Белоруссии и Украине загрязнение почвы ¹³⁷Cs наблюдается на площади 140 тыс. км². В России радиоактивному загрязнению подверглись 2 млн 955 тыс. га сельхозугодий [2].

По состоянию на 1 января 2002 г. загрязненные радионуклидами территории (участки земель, водоемы) общей площадью 481,4 км² имелись на 25 предприятиях Росатома. Из них РЗ земли составляло 377 км² (78,3 %), а загрязненные водоемы – 104,4 км² (21,7 %). Распределение РЗ территорий по радионуклидному составу загрязнителей: подавляющая часть территорий загрязнена радионуклидами ¹³⁷Cs, ⁹⁰Sr и ⁶⁰Co (97,31 %) [2].

На радиохимических заводах в Красноярском крае, Челябинской и Томской областях накоплено отходов общим активностью свыше 2 млрд Ки (это около 50 Чернобылей). Отработав ресурсный срок, ждут утилизации около 100 многоцелевых атомных подводных лодок (АПЛ), причем более половины стоят несколько лет с невыгруженным отработанным ядерным топливом (ОЯТ). Выведены из эксплуатации и ждут демонтажа атомные ледоколы «Ленин» и «Сибирь», атомные реакторы на Белоярской и Нововоронежской АЭС, а на подходе энергоблоки других российских АЭС. Не разобраны и не утилизированы километровые газодиффузионные корпуса станций. Для этого нужны масштабные финансовые средства, которые Россия собирается заработать в течение ближайших 10–20 лет за счет временного хранения и (или) переработки зарубежного ОЯТ.

Гонка вооружений и несовершенство технологии оставили такое наследство, знакомство с которым заставляет думать о том, как очистить территорию страны от радиационно активных

объектов (РАО) прошлых лет. В 1959–1992 гг. наша супердержава сбросила в северные моря жидкие радиоактивные отходы суммарной активностью около 20,6 тыс. Ки и твердые радиоактивные отходы – суммарной активностью около 2,3 млн Ки. В мелководных заливах Новой Земли и Карском море по данным Комиссии при Администрации Президента России захоронено: 5 объектов с 7 реакторами с невыгруженным ОЯТ, представляющих наибольшую опасность по составу продуктов деления и актиноидов; 5 объектов с 10 реакторами с выгруженным ОЯТ. Это в основном АПЛ, отсеки подводных лодок, 3 реактора с атомохода «Ленин» с экранной сборкой ОК-150, из которой не удалось извлечь 125 облученных тепловыделяющих элементов. Общая активность затопленных РАО в арктические моря на момент затопления оценивается в 2,5 млн Ки [2]. Радионуклиды, обладая высокой биоаккумуляционной способностью, перемещаются по пищевой цепи и концентрируются в морских организмах высших трофических уровней, создавая угрозу как для биосферы, так и для человека.

Уникальность пожарной опасности предприятий данной отрасли по сравнению с другими отраслями промышленности определяется следующими факторами:

– выполнение задач по тушению пожара не должно привести к нарушениям или потере контроля и управления реакторной установкой по соображениям ядерной и радиационной безопасности;

– в ряде случаев затрудненность или невозможность доступа к месту пожара (опасность облучения, необходимость специальных защитных средств, ограниченность пребывания);

– необходимость поддерживать определенный уровень герметизации защитных оболочек ядерных и радиационно-опасных объектов, чтобы ограничить выход радиоактивности в окружающую среду. Даже незначительный пожар уязвимых объектов отрасли (ядерный реактор, радиохимический завод, хранилища отработанного ядерного топлива) может привести к неконтролируемому выходу радиоактивных материалов в атмосферу;

– ограничения в выборе средств, которые могут использоваться для пожаротушения. Появление избыточных количеств воды в процессе пожаротушения в некоторых зонах энергоблоков АЭС, исследовательских реакторных установок, критических сборок, хранилищах тепловыделяющих элементов может повлиять на нейтронно-физические характеристики установок, а в некоторых случаях привести к возникновению самоподдерживающейся цепной реакции;

– в процессе тушения возможно образование «вторичных» радиоактивных отходов, которые требуют также специального с ними обращения, в частности, они, должны быть собраны и в дальнейшем изолированы.

При пожарах на объектах с наличием радиоактивных веществ возможно:

– возникновение опасных уровней радиации;

– сильное задымление с наличием радиоактивных продуктов горения и их быстрое распространение по системам приточно-вытяжной вентиляции, с конвективными потоками через технологические и другие проемы, а также растекание радиоактивных жидкостей и растворов;

– радиоактивное облучение личного состава, загрязнение боевой одежды, пожарной техники радиоактивными веществами;

– быстрое распространение огня по горючим полимерным материалам, вентвоздуховодам, фильтрам, отходам механической обработки радиоактивных веществ;

– образование радиоактивного облака, его распространение в атмосфере и выпадение радиоактивных осадков на значительном расстоянии от места пожара (аварии).

Поэтому при организации тушения пожаров в условиях повышенного ионизирующего излучения необходимо в полной мере иметь четкое представление о горючих материалах, применяемых на объекте, об особенностях тушения электрооборудования, о составе сил и средств, привлекаемых для тушения пожара.

В целях обеспечения безопасного ведения работ по ликвидации горения и чрезвычайных ситуаций на РОО должностные лица органов управления и подразделений Государственной противопожарной службы (ГПС) совместно с администрацией объекта, в соответствии с нормами радиационной безопасности, разрабатывают Инструкцию о порядке организации и проведения работ по ликвидации горения и ЧС на РОО.

Пожары и аварии на РОО имеют свои характерные особенности, негативно влияющие на осуществление защитных мероприятий, и, в частности:

- невозможность прогнозирования их по времени;
- высокая вероятность тяжелых последствий для жизни и здоровья людей, подвергшихся радиационному воздействию;
- сложность заблаговременного принятия эффективных защитных мер;
- непредсказуемость социальных и экономических последствий и др.

Существуют и дополнительные трудности, главные из которых:

- слабая подготовка личного состава пожарной охраны и населения к действиям в этих условиях;
- недостаточный опыт планирования мероприятий по локализации и ликвидации последствий радиоактивного загрязнения местности;
- возможность возникновения стрессовых состояний и паники среди населения.

В этих обстоятельствах на работников пожарной охраны оказывают такие факторы, как большой объем поступающей информации, необходимость принятия нестандартных решений, физическое напряжение и эмоциональные нагрузки, наличие риска для жизни и здоровья и т.п.

Чтобы выполнить в этих условиях возложенные на пожарную охрану задачи, она должна использовать иные, несвойственные для повседневной деятельности меры организационного и тактического характера. В системе таких мер важную роль играет подготовка персонала РОО и подразделений к тушению пожаров и проведения аварийно-спасательных работ на РОО.

Заблаговременная подготовка аппаратов управления и подразделений Государственной противопожарной службы к ведению действий при тушении пожаров на РОО в условиях радиационных аварий включает:

- планирование действий подразделений пожарной охраны;
- обучение личного состава действиям в условиях ионизирующего излучения;
- установление порядка взаимодействия аппаратов и подразделений пожарной охраны с оперативным персоналом и администрацией РОО;
- отработку системы управления силами и средствами привлекаемых к тушению пожаров.

Планирование действий подразделений пожарной охраны предполагает разработку планов:

- плана пожаротушения на РОО;
- плана привлечения и действий сил и средств ГПС в области, на территории которой расположен РОО, при тушении пожара на РОО (территориального плана);
- выполнение мероприятий, предусмотренных региональным планом привлечения и действий сил и средств ГПС при тушении пожара (ликвидации последствий радиационной аварии) на РОО.

План пожаротушения определяет [3]:

- действия персонала РОО при возникновении пожара до прибытия пожарных подразделений;
- порядок взаимодействия личного состава ГПС с администрацией и работниками РОО, с прибывающими подразделениями;
- условия введения сил и средств на тушение пожара с учетом требований безопасности труда;

- рациональную расстановку пожарной техники и размещение штаба по тушению пожара;
- схему оповещения, сигнализации и связи при возникновении и тушении пожара;
- порядок привлечения сил и средств ГПС в области на РОО и их допуска на тушение пожара электроустановок под напряжением и в условиях ионизирующих излучений.

Тушение пожаров на объектах с наличием радиоактивных веществ связано с преодолением значительного количества опасных факторов, которые должны быть по возможности учтены как при разработке планов тушения, так и при принятии оперативных решений в зависимости от сложившейся обстановки на пожаре.

Основным требованием при работе в условиях загрязнения территорий, зданий и помещений радиоактивными продуктами является защита личного состава от воздействия ионизирующих излучений.

Для руководства и обеспечения действий подразделений ГПС на аварийном РОО и в оперативно-режимных зонах в территориальном органе управления ГПС создается штаб. Дислокация и порядок работы штаба определяются в зависимости от местных условий и обстановки. В любом случае штаб должен обеспечить постоянную связь с органом, осуществляющим общее руководство ликвидацией последствий аварии (комиссия по чрезвычайным ситуациям РОО).

Основными задачами штаба являются [3]:

- приведение в полную готовность сил и средств подразделений ГПС;
- организация противопожарного обеспечения эвакуационных мероприятий;
- постоянный контроль за пожарной и радиационной обстановкой в зоне пожара (аварии) и внесение предложений по организации своевременной замены работающих подразделений ГПС;
- контроль за приведением в готовность средств индивидуальной защиты и дозиметрического контроля в подразделениях ГПС, а также в других подразделениях, привлекаемых согласно плану;
- организация пожарно-профилактического обслуживания и тушения пожаров на аварийном РОО и в режимных зонах с учетом потерь сил и средств подразделений ГПС, а также их передислокации;
- ежедневный учет и обобщение данных обо всех видах и объемах работ, выполняемых подразделениями ГПС;
- организация дозиметрического контроля, санитарной обработки личного состава и дезактивации техники в подразделениях ГПС;
- обеспечение эвакуации личного состава и членов их семей из подразделений ГПС, попавших в режимные зоны;
- контроль потерь сил и средств подразделений ГПС, учет личного состава, получившего дозы облучения, убывшего в другие подразделения и на лечение;
- обобщение заявок и предложений с мест ведения работ, организация их выполнения и подготовка своевременных представлений в вышестоящие органы;
- своевременное доведение до личного состава ГПС приказов, указаний вышестоящих органов;
- организация взаимодействия с другими службами, организациями, участвующими в ликвидации последствий аварии;
- ведение штабной документации, делопроизводство. Подготовка и представление в вышестоящие органы материалов и отчетных данных в соответствии с установленными требованиями;
- разработка предложений по кадровому обеспечению подразделений ГПС в режимных зонах.

В состав оперативного штаба должны входить главные специалисты объекта и службы дозиметрического контроля.

Ответственность за соблюдение требований радиационной безопасности и своевременное прибытие дозиметрической службы при возникновении пожара возлагается на руководителя предприятия и руководителя ликвидации аварии.

Список зданий и помещений с наличием радиационных веществ, для которых требуется выдача наряда-допуска, должен быть определен приказом руководителя предприятия.

Состав должностных лиц, имеющих право выдачи наряда-допуска в рабочее время пожарным подразделениям на тушение пожара на радиационных производствах с внесением их в планы пожаротушения, определяется приказом руководителя предприятия.

Должностные лица радиационно-опасных спецпроизводств, имеющие право выдачи наряда-допуска, в рабочее время обеспечивают незамедлительный доступ пожарных подразделений в здания (сооружения) спецпроизводств с выдачей наряда-допуска на тушение пожара, если вторичные опасные факторы пожара не представляют угрозу для жизни и здоровья личного состава.

Литература

1. Крупные радиационные аварии: последствия и защитные меры / Р.М. Алексахин [и др.] / под общ. ред. Л.А. Ильина, В.А. Губанова. М.: ИздАТ, 2001. 752 с.
2. О санитарно-эпидемиологической обстановке в Российской Федерации в 2003 г.: Гос. доклад. М.: Федер. центр госсанэпиднадзора Минздрава России, 2004. 239 с.
3. Методические рекомендации по организации и проведению работ по локализации и тушению пожаров, поиску и спасению людей личным составом подразделений ФПС при радиационной аварии на АЭС в зоне повышенного облучения. М.: МЧС России, 2010.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ГИДРОЛОГИЧЕСКОГО ХАРАКТЕРА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Б.В. Заборский, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Порядин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен программный продукт, позволяющий производить краткосрочный прогноз гидрологических явлений и выработать предложения по управлению решению. В качестве объекта исследования выступают чрезвычайные ситуации гидрологического характера на территории Республики Коми.

Ключевые слова: наводнение, природные риски, оценка обстановки, прогнозирование, управленическое решение

FORECASTING HYDROLOGICAL EMERGENCIES BASED ON AN REVIEW OF STATISTICS

B.V. Zaborsky; S.V. Poryadin.

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

A software product presents in the paper that you allows to make short-term forecast of hydrological projection and you allows to develop proposals for management decision.

The object of the research are emergency hydrological nature on the territory of the Republic of Komi.

Keywords: flood, natural risk, prediction, assessment of the situation, forecasting, management solution

По масштабам и материальному ущербу в России наводнение занимает одно из первых мест среди стихийных бедствий [1, 2]. Особенностью наводнений, как и других чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера, является то, что их невозможно предотвратить, только лишь возможно снизить ущерб. Величина ущерба от наводнения в значительной мере зависит от степени заселенности и застройки городов и населенных пунктов. Наиболее частые наводнения возникают при обильном выпадении осадков в виде дождя, обильном таянии снега и при заторах льда на реках. При наводнении поражающим фактором является гидродинамический напор (давление движущихся масс воды). Поражающее действие наводнений характеризуют два параметра: уровень подъема воды в метрах и расход воды в кубических метрах в секунду через определенный створ. В зонах бедствия при наводнениях гибнут и получают травмы люди, сельскохозяйственные животные, уничтожаются сельскохозяйственные посевы, разрушаются и повреждаются здания, сооружения, коммунально-энергетические сети, транспортные коммуникации, нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей [3].

Для снижения материального ущерба и повышения безопасности населения проводится заблаговременное краткосрочное прогнозирование возможных последствий наводнения. Под краткосрочным прогнозированием следует понимать составление гидрологического прогноза характера и последствий наводнения не более чем за 12–15 дней до наступления предсказываемого явления. Под паводковым наводнением следует понимать интенсивный, сравнительно кратковременный подъем уровня воды, формируемый сильными дождями. Для краткосрочного прогнозирования паводкового наводнения заблаговременно должна быть проведена съемка гидрографической сети территории, известна характеристика рек в их естественном состоянии, выявлены факторы и явления, которые могут внести изменения в режим водных преград.

На этапе составления краткосрочного прогноза паводкового наводнения должны быть спрогнозированы:

- гидрологические и морфологические характеристики рек.
- возможная обстановка при затоплении местности паводковыми водами.
- оценка обстановки при затоплении местности паводковыми водами.
- силы и средства ликвидации последствий паводкового наводнения.

На основе данных возможной обстановки в зоне затопления создается группировка сил ликвидации последствий наводнения, способная:

- провести разведку зоны затопления;
- спасти пострадавшее население;
- организовать строительство пунктов посадки и высадки пострадавшего населения со всех видов транспорта;
- организовать восстановление автомобильных дорог и железнодорожных магистралей;
- организовать восстановление поврежденных и строительство (оборудование) новых мостов;
- организовать восстановление поврежденных и строительство новых защитных дамб;
- организовать восстановление коммунально-энергетических сетей и линий связи;
- организовать спасение и захоронение погибшего скота.

Методологически целесообразно осуществлять выявление последствий наводнения в два этапа, также как и при выявлении последствий техногенных ЧС: анализ обстановки, складывающейся по результатам наводнения, и оценку обстановки в районе после наводнения.

Выявление обстановки при наводнении предусматривает определение глубины затопления и масштабов затопления селитебной части и посевных площадей.

Оценка обстановки при наводнении предусматривает решение задач по определению масштабов затопления, количества санитарных потерь, доли и степени поврежденных объектов на затопленных площадях и расчету сил и средств для проведения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в районе затопления.

Объектом исследования была выбрана Республика Коми, которая входит в зону избыточного увлажнения. Значительное преобладание количества выпадающих атмосферных осадков над испарением, особенности рельефа и геологическое строение определили повышенную заболоченность и развитую гидрографическую сеть. Поэтому на территории Республики Коми наблюдаются такие природные ЧС как опасные гидрологические явления, а именно высокие уровни воды (наводнение, половодье, зажор, затор, дождевой паводок).

На территории Республики Коми на протяжении 15 лет произошло большое количество ЧС природного характера. По статистическим данным, предоставленным Главным управлением (ГУ) МЧС России по Республике Коми, их количество представлено на рис. 1.



Рис. 1. Распределение ЧС опасных гидрологических явлений на территории Республики Коми за период с 2000 по 2014 гг.

Из рис. 1, 2 следует, что ЧС опасных гидрологических явлений на территории Республики Коми встречаются раз в два–три года. В основном это происходит вблизи крупных рек из-за большого количества осадков или таяния снега в устьях крупных рек.

Информация о ЧС опасных гидрологических явлений по месяцам в период с 2000 по 2014 гг. представлена в табл. 1.

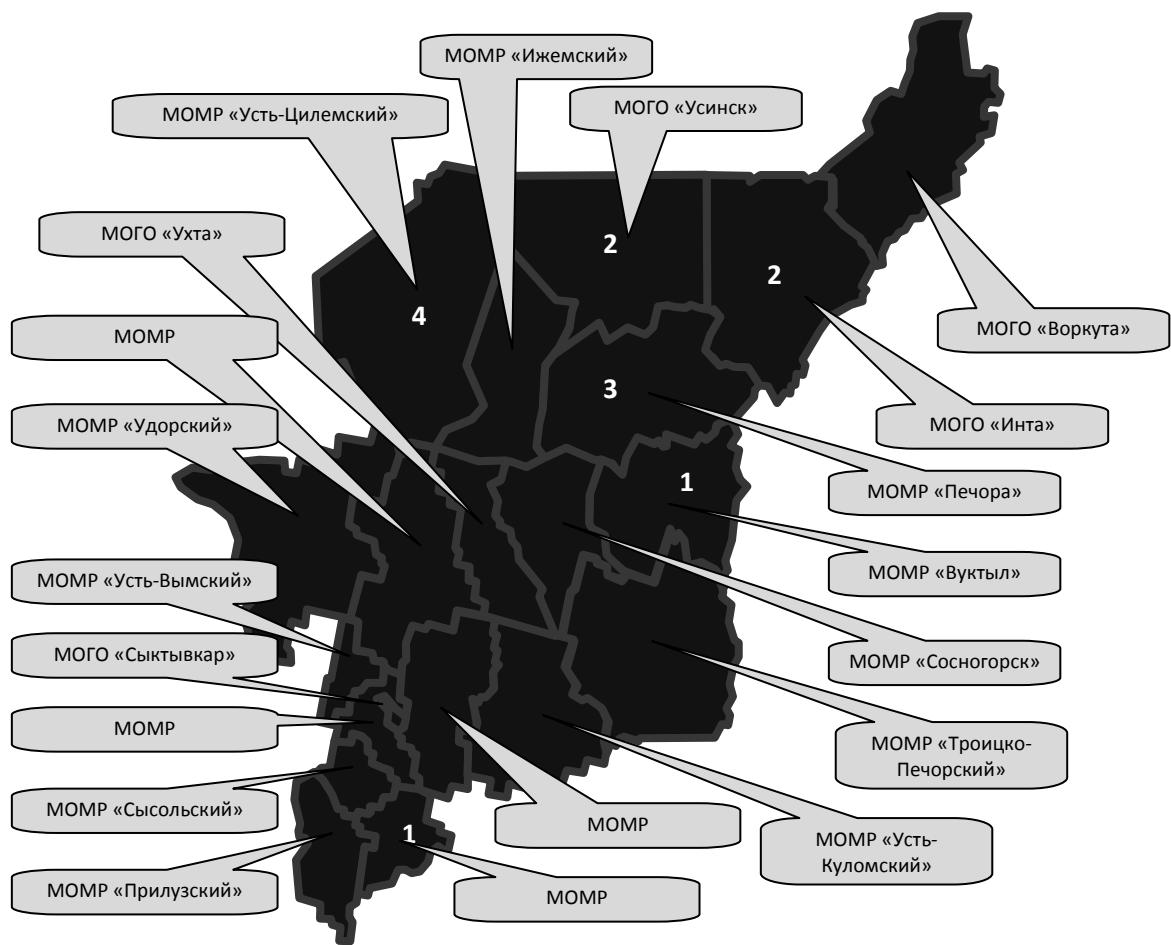


Рис. 2. Распределение ЧС опасных гидрологических явлений на территории Республики Коми за период с 2000 по 2014 гг.

(МОГО – муниципальное образование городского округа;
 МОМР – муниципальное образование муниципального района)

Таблица 1

| Месяц | 2001 г. | 2002 г. | 2004 г. | 2006 г. | 2009 г. | 2012 г. | 2014 г. |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| Январь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Февраль | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Март | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Апрель | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| Май | 0 | 1 | 4 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| Июнь | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| Июль | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Август | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Сентябрь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Октябрь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Ноябрь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Декабрь | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

На основе статистических данных, найдем наиболее вероятные месяца года для появления ЧС опасных гидрологических явлений (рис. 3).

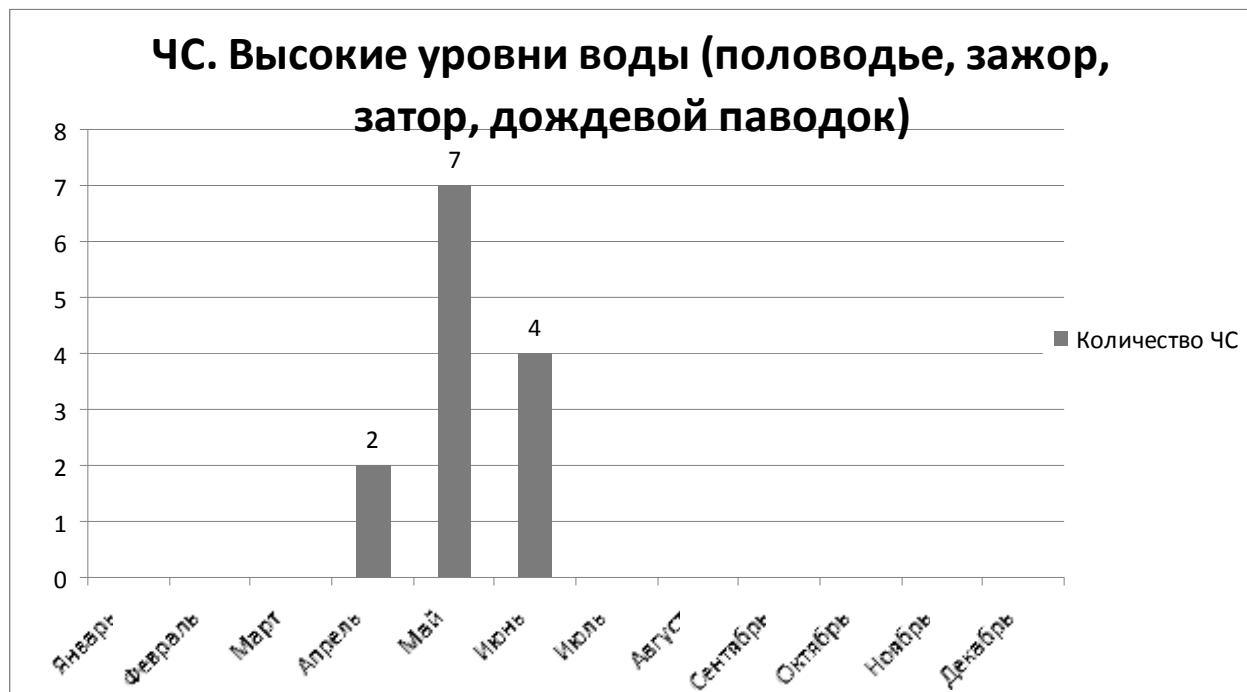


Рис. 3. ЧС опасных гидрологических явлений на территории Республики Коми за период с 2000 по 2014 гг., распределенных по месяцам

За период с 2000 по 2014 гг. произошло 13 ЧС опасных гидрологических явлений. Наиболее опасными месяцами являются апрель, май, июнь. Это происходит в весеннеое время, связано с большим количеством осадков и таянием льда в реках.

Рассчитаем вероятности появления таких событий [4]:

$$P = \frac{n_i}{N}$$

где P – вероятность наступления ЧС; n_i – количество ЧС в I месяц; N – общее количество ЧС за период с 2000 по 2014 гг.

$$\text{Для апреля: } P_a = \frac{n_a}{N} = \frac{2}{13} = 0,154.$$

$$\text{Для мая: } P_m = \frac{n_m}{N} = \frac{7}{13} = 0,539.$$

$$\text{Для июня: } P_j = \frac{n_j}{N} = \frac{4}{13} = 0,308.$$

В полученных из ГУ МЧС России по Республике Коми статистических данных, имеются данные по материальному ущербу, полученному в результате ЧС опасных гидрологических явлений. Именно поэтому будет проведена работа по определению природного риска связанного с наводнениями.

Для оценки степени опасности важна не только частота (или вероятность) ее появления, но и тяжесть последствий. Чтобы сделать эту оценку количественной, в настоящее время вводят понятие риска [5], определяемого как произведение вероятности P неблагоприятного события (аварии, катастрофы и т.д.) и ожидаемого ущерба Y в результате этого события:

$$R = P * Y.$$

За период 2000–2014 гг. в Республике Коми произошло 13 ЧС опасных гидрологических явлений. Найдем вероятности возникновения ЧС по годам (табл. 2).

Таблица 2

| Год | 2001 | 2002 | 2004 | 2006 | 2009 | 2012 | 2014 |
|--------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Количество ЧС | 1 | 1 | 6 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| Вероятность появления ЧС | 0,077 | 0,077 | 0,462 | 0,077 | 0,154 | 0,077 | 0,077 |

Теперь рассмотрим ущерб, полученный в результате данных ЧС по годам (табл. 3).

Таблица 3

| Года | Материальный ущерб, тыс. руб. |
|------|-------------------------------|
| 2001 | 3635 |
| 2002 | 35 |
| 2004 | 5470 |
| 2006 | 25 |
| 2009 | 16483 |
| 2012 | 55 |
| 2014 | 649 |

Рассчитаем риск по формуле указанной выше за все годы (табл. 4).

Таблица 4

| Года | Вероятность появления ЧС | Материальный ущерб, тыс. руб. | Риск, тыс. руб./год |
|------|--------------------------|-------------------------------|---------------------|
| 2001 | 0,077 | 3635 | 279,6 |
| 2002 | 0,077 | 35 | 2,7 |
| 2004 | 0,462 | 5470 | 2527,1 |
| 2006 | 0,077 | 25 | 1,9 |
| 2009 | 0,154 | 16483 | 2538,4 |
| 2012 | 0,077 | 55 | 4,2 |
| 2014 | 0,077 | 649 | 49,9 |

Найдем средний риск за период с 2000–2014 гг.

$$R_{cp} = \frac{279,6 + 2,7 + 2527,1 + 1,9 + 2538,4 + 4,2 + 49,9}{15} \\ = 360,3 \text{ тыс. руб./год}$$

На основе методических рекомендаций [4] разработан алгоритм работы программы (рис. 4).

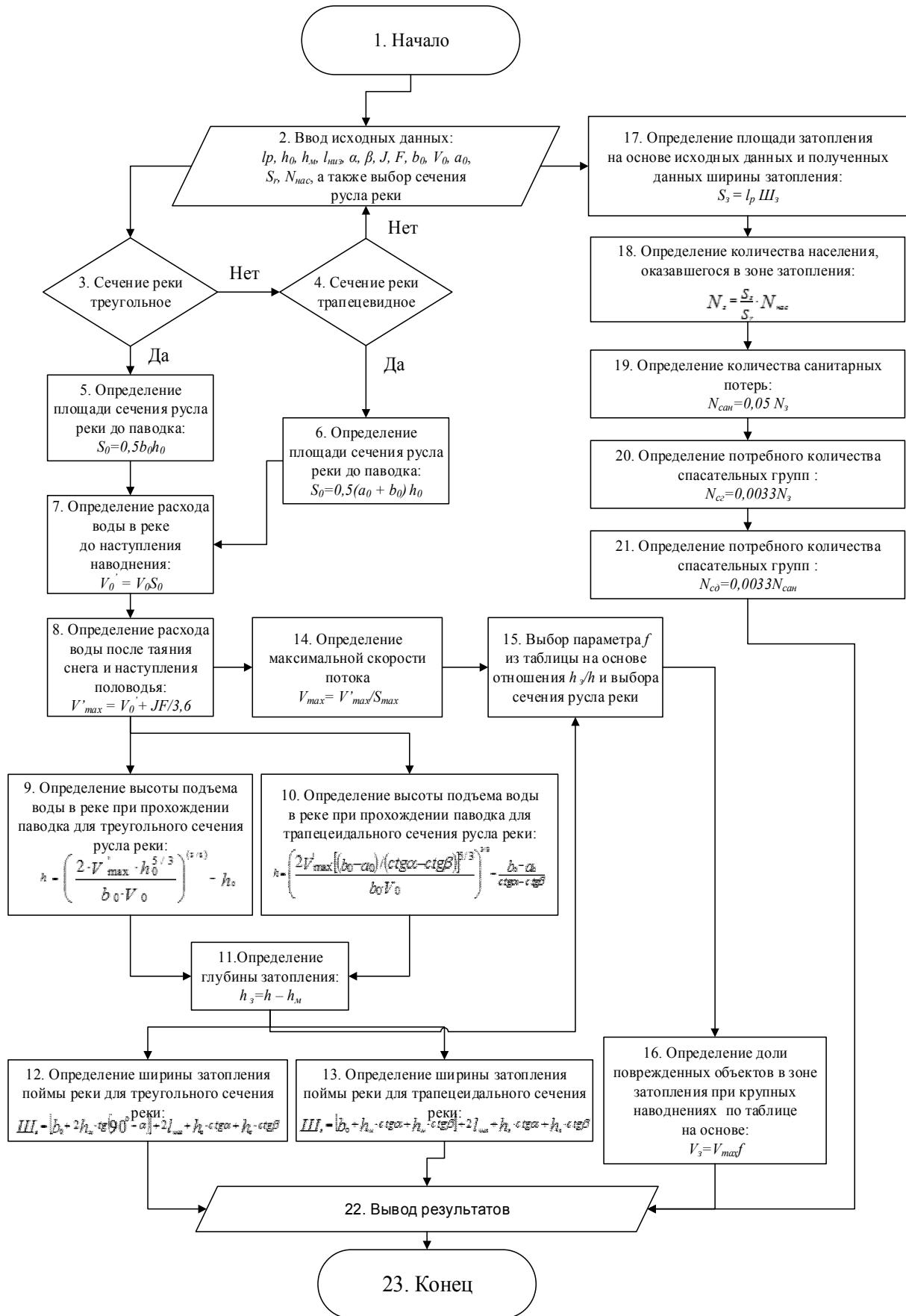


Рис. 4. Алгоритм программы

Программа, выполняющая краткосрочный прогноз возможного наводнения и позволяющая выработать рекомендации для принятия управленческого решения, написана в программной среде Microsoft Visual Studio. При запуске программы открывается следующее окно (рис. 5).

Рис. 5. Форма программы

Работоспособность программы была проверена на примере реки Печора и Усть-Цилемского района.

Выявить возможную обстановку при наводнении, вызванного таянием снега в пойме реки, в населенном пункте расположенному на обоих берегах реки, состоящем из деревянных и кирпичных малоэтажных зданий. Протяженность реки в пределах населенного пункта $l_p=5$ км, глубина реки до наводнения $h_0=3$ м, высота места $h_m=1$ м, горизонтальное расстояние от берега реки в створе города $l_{низ}=1$ км, крутизна подъема местности в пойме реки $\alpha, \beta = 15^\circ$. Интенсивность таяния снега $J=50$ мм/ч, площадь поймы реки $F=200$ км², ширина реки $b_0=100$ м, скорость течения $V_0=2$ м/с, русло реки в сечении имеет форму равнобедренной трапеции с шириной дна $a_0=80$ м, площадь населенного пункта $S_h=50$ км² и количество населения $N=11\ 460$ человек.

Необходимо определить:

- ширину затопления;
- долю поврежденных объектов в зоне затопления для разного времени затопления;
- силы спасения для оказания первой помощи людям.

Прогноз последствий наводнения

Ширина затопления

Протяженность реки в пределах населенного пункта, км =

Глубина реки до наводнения, м =

Высота места, м =

Горизонтальное расстояние от берега реки в створе города, км =

Крутизна подъема местности в пойме реки:

Правый берег: Левый берег:

α β

Интенсивность таяния снега, мм/ч =

Площадь поймы реки, км² =

Ширина реки, м =

Скорость течения, м/с =

Схематическое сечение русла реки

Для трапецидальной формы сечения:

Ширина дна, м =

Ширина затопления, м - 2135,01

Доля поврежденных объектов (%) в зоне затопления

Затопление подвалов - 15

Нарушение дорожного движения - 30

Разрушение уличных мостовых - 0

Смыв деревянных домов - 7

Разрушение кирпичных зданий - 0

Прекращение подачи электропитания - 90

Прекращение телефонной связи - 85

Повреждение газо- и теплоснабжения - 0

Гибель урожая - 0

Время затопления, ч

Площадь населенного пункта, км

Коллчество населения, чел

Силы спасения и оказания первой помощи

Потребное количество спасательных групп - 2

Потребное количество санитарных дружин - 1

Рассчитать

Рис. 6. Результат расчетов программы

Из рис. 6 следует, что программа выполнила все необходимые задания, и выдала результат:

1. Ширина затопления равна 2 135,01 м.
2. Доля поврежденных объектов в зоне затопления за 2 ч (%):
 – затопление подвалов – 15;
 – нарушение дорожного движения – 30;
 – разрушение уличных мостовых – 0;
 – смыв деревянных домов – 7;
 – разрушение кирпичных зданий – 0;
 – прекращение подачи электропитания – 90;
 – прекращение телефонной связи – 85;
 – повреждение газо- и теплоснабжения – 0;
 – гибель урожая – 0.
3. Силы спасения и оказания первой помощи:
 – потребное количество спасательных групп – 2;
 – потребное количество санитарных дружин – 1.

Рассмотрим долю поврежденных объектов в зоне затопления для 3 ч, для 24 ч и для 48 ч (рис. 7–9).



Рис. 7. Доля поврежденных объектов в зоне затопления за 3 ч



Рис. 8. Доля поврежденных объектов в зоне затопления за 24 ч



Рис. 9. Доля поврежденных объектов в зоне затопления за 48 ч

Из рис. 7–9 видно, что масштаб ущерба увеличивается во много раз и время будет важнейшим фактором для ликвидации ЧС и уменьшения последствий от нее.

Полученные результаты могут явиться основой для уточнения необходимого численного состава и технического оснащения спасательных подразделений.

Также данную программу можно улучшить и в дальнейшем использовать в центре управления кризисными ситуациями МЧС России для принятия управленческого решения при возникновении ЧС.

Литература

1. Безопасность в чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера: учеб. пособие / В.А. Акимов [и др.]. М.: Абрис, 2012. 592 с.
2. Безопасность жизнедеятельности. Ч. I: Прогнозирование ЧС: учеб. пособие / Е.Б. Алексеик [и др.]; под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2012. 186 с.
3. Крюков Е.В., Бутенко В.М. Опасные природные явления: учеб.-метод. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2013.
4. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высш. шк., 2003.
5. Методика оценки комплексного индивидуального риска чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера. М.: МЧС России. ВНИИ ГО ЧС, 2002.
6. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего наводнения и паводков. М.: МЧС России. Департамент гражданской защиты, 2000.

АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ВЗРЫВЧАТЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОБЪЕКТАХ ТРАНСПОРТА И ВЕРОЯТНЫЕ ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

И.А. Кизунов.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены результаты научно-исследовательской работы по анализу состояния проблемы идентификации взрывчатых материалов, а также описаны некоторые предложения по решению данной проблемы.

Ключевые слова: транспортная система, взрывчатые материалы, опасные грузы, чрезвычайные ситуации, идентификация

ANALYSIS OF PROBLEMS OF IDENTIFICATION OF EXPLOSIVE MATERIALS FOR REAL TRANSPORT AND POSSIBLE WAYS OF ITS DECISION

I.A. Kizunov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article presents the results of research associate faculty training highly qualified personnel for the analysis of the problem of identifying explosives and describes some of the proposals to address the problem.

Keywords: transport system, explosive materials, dangerous goods, emergency, identification

Согласно данным ООН, доля опасных грузов в мировом грузообороте постоянно растет и в настоящее время достигает почти половины. С перевозками опасных грузов связан существенный потенциал рисков возникновения чрезвычайных происшествий. Актуальна необходимость в мероприятиях по сведению этого потенциала к уровню остаточных рисков, приемлемому для общества и государства. В объеме грузов, перевозимых в России всеми видами транспорта, доля опасных грузов составляет порядка 20 %, или примерно 800 млн т. Из них 65 % приходится на долю автомобильного транспорта, около 30 % – на долю железнодорожного транспорта, примерно 5 % – на долю речного и морского транспорта и около 0,1 % – на долю авиации.

Одним из ключевых факторов, характеризующим состояние современной транспортной инфраструктуры, является количество чрезвычайных ситуаций (ЧС), произошедших в различных подсистемах транспортной системы. Также огромную роль играет количество погибших и пострадавших вследствие этих ЧС. В рис. 2 представлены результаты сравнительного анализа ЧС за период 2012–2014 гг. по различным критериям. Показатели за год представляют собой сумму показателей за временной промежуток в пределах данного года. Данные были заимствованы из официальных отчетов МЧС России за различные периоды времени, размещенных на официальном сайте (табл. 1).

Таблица 1. Сравнительный анализ ЧС, связанных с транспортной системой за период 2012–2014 гг.

| Тип ЧС | Количество ЧС | Количество погибших | Количество пострадавших |
|--|---------------|---------------------|-------------------------|
| Аварии, крушения грузовых и пассажирских поездов | 52 | 559 | 1 811 |
| Аварии грузовых и пассажирских судов | 13 | 33 | 117 |
| Авиационные катастрофы | 109 | 317 | 453 |
| Крупные террористические акты | 13 | 83 | 398 |
| Взрывы в зданиях, на коммуникациях, технологическом оборудовании промышленных и с/х объектах | 15 | 64 | 204 |
| Аварии на автомобильном транспорте с тяжкими последствиями | 271 | 1 179 | 2 872 |

Из табл. 1 можно сделать вывод, что хотя количество ЧС, причиной которых явились террористические акты невелико, количество погибших и пострадавших составляет довольно большую часть.

Безусловно, наиболее проблемным вопросом в области перевозок опасных грузов является снижение их аварийности. Россия по этому показателю находится на уровне других экономически развитых государств, однако ситуация у нас во многом осложняется тем, что значительное количество транспорта с опасными грузами постоянно находится в непосредственной близости от промышленных предприятий и жилых массивов, что создает повышенную угрозу возникновения ЧС с особо тяжелыми последствиями. В современном мире в целях снижения рисков техногенных катастроф при перевозке опасных грузов на всех уровнях проводятся исследования в части совершенствования условий таких перевозок. Большое значение здесь имеют Рекомендации по перевозке опасных грузов – Типовые правила, разработанные профильным комитетом экспертов ООН. Законодательство России в этой области пока существенно отличается от международного законодательства и, в частности, стран Евросоюза.

Сравнительный анализ количества погибших от различных ЧС за период 2012-2014 г.

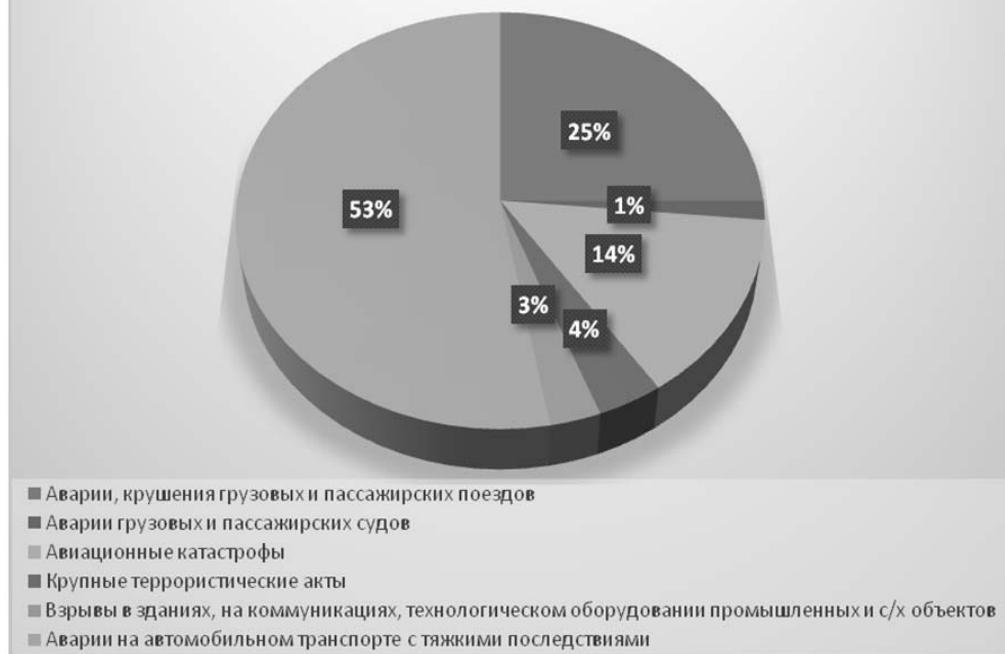


Рис. 1.



Рис. 2.

Нормативного документа, регулирующего перевозки опасных грузов всеми видами транспорта в Российской Федерации, нет. Предполагается его разработка. В настоящее время в области перевозки опасных грузов в Российской Федерации действуют соответствующие правила по каждому виду транспорта.

Рассматривая проблему перевозки опасных грузов различными субъектами транспортного комплекса, необходимо отметить, что в соответствии с Федеральным законом Российской Федерации от 10 января 2003 г. № 17-ФЗ субъекты транспортного комплекса обязаны обеспечить выполнение системы экономических, организационно-правовых, технических и иных мер, предпринимаемых органами государственной власти, органами местного самоуправления, организациями железнодорожного транспорта, иными юридическими лицами, а также физическими лицами, направленных на предотвращение транспортных происшествий и снижение риска причинения вреда жизни и здоровью граждан, вреда окружающей среде, имуществу юридических и физических лиц.

Большое количество аварий при перевозке опасных грузов разными видами транспорта, часто с очень тяжелыми последствиями, вынудили международное сообщество и национальные органы власти в отдельных государствах разработать специальные нормативно-правовые акты, регламентирующие перевозку таких грузов. Перевозка опасных грузов с минимальным риском возможна только при условии соблюдения установленных требований. Перевозка некоторых опасных грузов запрещена вовсе.

Кроме того, после трагических событий 11 сентября 2001 г. правительства и международные организации столкнулись с новой чрезвычайно сложной проблемой: каким образом эффективно бороться с терроризмом и предотвращать террористические акты с использованием транспортных средств. Именно транспортное оборудование послужило основным инструментом нападений, и впоследствии высказывались предположения, что транспортное оборудование, предназначенное для перевозки опасных грузов, или важнейшие транспортные инфраструктуры могут использоваться либо как инструмент, либо как цель возможных террористических актов в будущем.

Для эффективного предотвращения актов терроризма в нормативно-правовые документы, регламентирующие перевозки опасных грузов, вносятся дополнительные требования к обеспечению безопасности. Международное законодательство по вопросам перевозки опасных грузов основывается на рекомендациях по перевозке опасных грузов для всех видов транспорта Комитета экспертов по перевозке опасных грузов Экономического и социального совета ООН. Этот комитет разрабатывает Рекомендации по перевозке опасных грузов в форме Типовых правил перевозки опасных грузов, которые еще называют «оранжевой книгой», и которые ежегодно пересматриваются. При этом Типовые правила являются рекомендационным документом.

Но на их основе международные организации и национальные органы власти различных государств разрабатывают нормативные документы, регламентирующие перевозки опасных грузов различными видами транспорта.

Система международного регулирования перевозок опасных грузов включает в себя большое количество конвенций и соглашений, основными из которых являются:

- Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов (Правила МАГАТЭ);
- Международный кодекс морской перевозки опасных грузов (МКМПОГ=IMDG CODE);
- Международная конвенция об охране человеческой жизни на море (СОЛАС-74);
- Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ);
- Кодекс безопасной практики перевозки новых навалочных грузов;
- Технические инструкции по безопасной перевозке опасных грузов по воздуху (ИКАО ТИ);
- IATA DGR (IATA Правила перевозки опасных грузов);
- Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ=ADR);

- Правила международной перевозки опасных грузов по железным дорогам (МПОГ=RID);
- Приложение 2 Правил перевозок опасных грузов к Соглашению о международном грузовом сообщении (СМГС);
- Правила перевозки опасных грузов железными дорогами, утвержденные на 15 заседании Совета по железнодорожному транспорту государств – участниц Содружества 5 апреля 1996 г.;
- Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением.

Все эти документы являются обязательными для выполнения при осуществлении международных перевозок опасных грузов по территориям государств, ратифицировавших соответствующие конвенции и соглашения.

Что же такое опасный груз? На сухом языке документов это груз, который при определенных условиях транспортировки, в силу присущих ему свойств, способен стать причиной взрыва, пожара, химического заражения, в результате чего может быть нанесен вред здоровью людей и окружающей среде. К таким грузам относятся взрывчатые материалы, светлые нефтепродукты, спирты и др.

Основным нормативным документом, регламентирующим перевозки взрывчатых веществ автомобильным транспортом, является ПБ 13-78-94 «Правила безопасности при перевозке взрывчатых материалов автомобильным транспортом». В нем также указан перечень документов, регламентирующих основные положения данного вопроса:

1. Инструкция по обеспечению безопасности перевозки опасных грузов автомобильным транспортом.
2. Правила дорожного движения.
3. Европейское соглашение о международной дорожной перевозке опасных грузов (ДОПОГ).
4. Правила международной перевозки опасных грузов по дорогам (ADR).
5. Рекомендации по перевозке опасных грузов.
6. Единые правила безопасности при взрывных работах.
7. ГОСТ 19433–88. Грузы опасные. Классификация и маркировка.
8. ГОСТ 14192–77. Маркировка грузов.
9. ГОСТ 14839.20–77. Вещества взрывчатые промышленные. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение.

Правила безопасности при перевозке взрывчатых материалов автомобильным транспортом устанавливают в дополнение к Единым правилам безопасности при взрывных работах специальные требования к технологическим перемещениям промышленных взрывчатых материалов (ВМ) автомобильным транспортом, независимо от ведомственной принадлежности подконтрольного Госгортехнадзору России предприятия – владельца, по дорогам на земной поверхности в Российской Федерации и определяют основные положения по безопасной организации и техническому обеспечению перевозок. Перевозка ВМ должна осуществляться по исправным дорогам, отвечающим требованиям соответствующих строительных норм и правил.

К ВМ промышленного назначения относятся взрывчатые и пиротехнические вещества и составы, а также взрывчатые изделия с ними, в том числе средства инициирования, снаряженные прострелочные и взрывные аппараты. При этом:

- к взрывчатым веществам (ВВ) относятся химические вещества или смеси веществ, способные под влиянием внешних воздействий к быстрому самораспространяющемуся химическому превращению с выделением большого количества тепло- и газообразных продуктов;
- к пиротехническим веществам относятся индивидуальные вещества или смеси веществ, предназначенные для производства внешних эффектов (световых, тепловых, звуковых или реактивных) в результате недетонирующих экзотермических реакций;

– к взрывчатым изделиям относятся изделия, содержащие одно или несколько взрывчатых или пиротехнических составов.

Согласно ГОСТ 14839.20–77, изготавливаемые ВВ должны маркироваться:

а) с целью обнаружения ВВ путем введения в них маркирующих веществ, обеспечивающих дистанционное обнаружение взрывчатых веществ техническими или иными средствами;

б) с целью установления изготовителя ВВ путем введения в них микроносителей, на которые наносятся кодовые обозначения страны изготовителя, продукции, изготовителя, изготовленной партии и даты изготовления.

Маркирующие вещества и микроносители должны:

а) обеспечивать эффективность их назначения в течение гарантийного срока хранения при влиянии воздействий, возникающих в процессе обращения ВВ и изделий на их основе;

б) обеспечивать возможность получения нанесенной на микроносители информации в отношении любой части изготовленной партии ВВ, имеющей массу десять грамм и более;

в) исключать негативное влияние на потребительские свойства ВВ и изделий на их основе.

Микроносители должны быть защищены от подделки и обеспечивать возможность однозначного считывания информации.

4. На изделия на основе ВВ допускается нанесение дополнительной информации, не изменяющей смысла предусмотренных данной статьей требований.

Маркировка должна быть четкой, разборчивой, стойкой к различным воздействиям (влаги, света, соли, высоких и низких температур), которые могут возникать в процессе транспортирования, а также сохраняться в течение всего гарантийного срока хранения ВВ и изделий на их основе.

Ежегодно случается 450–500 инцидентов при перевозке опасных грузов автотранспортом, при этом наибольшее число происшествий (72 %) – в населенных пунктах. Автомобильные перевозки опасных грузов осуществляются в соответствии с Правилами перевозки опасных грузов автомобильным транспортом, утвержденными приказом Минтранса России от 8 августа 1995 г. № 73, Правилами перевозок грузов автомобильным транспортом, а также Европейским соглашением о дорожной перевозке опасных грузов в международном сообщении (ADR) и Временной инструкцией «О перевозке опасных грузов автотранспортом» Министерства сообщения ЕС. В изменившихся условиях утвержденные 35–40 лет назад Правила перевозок грузов автомобильным транспортом оказались практически неприемлемыми для регулирования правовых взаимоотношений перевозчиков, грузоотправителей, грузополучателей, экспедиторов и других участников перевозочного процесса.

Необходимость значительной переработки существующих и разработки новых Правил перевозок грузов обусловлена также принятием Федерального закона от 8 ноября 2007 г. № 259-ФЗ «Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта». В соответствии со ст. 3 указанного закона в стране должны быть разработаны Правила перевозок грузов автомобильным транспортом, которые представляют собой нормативные правовые акты, регламентирующие порядок организации перевозок различных видов грузов, обеспечения сохранности грузов, транспортных средств, контейнеров, а также условия перевозок грузов и предоставления транспортных средств для таких перевозок. Утверждение Правил перевозок грузов автомобильным транспортом предусматривается Правительством Российской Федерации. В процессе разработки Правил учтены европейские нормы и правила использования автомобильного транспорта для перевозок грузов как в прямом автомобильном, так и в смешанном сообщении. Такие нормы и правила в значительной мере изложены в законах об автомобильном транспорте и в правилах перевозок грузов автомобильным транспортом ряда государств, а также в соответствующих европейских и международных конвенциях и соглашениях, подготовленных в основном под эгидой ООН (ДОПОГ, КДПГ, МДП, ЕСТР и др.). В этих конвенциях и соглашениях

приведены рекомендации преимущественно для перевозок в международном автомобильном сообщении, однако многие из них для Российской Федерации, присоединившейся к большинству конвенций и соглашений в области автомобильного транспорта, являются весьма актуальными и для внутренних перевозок.

Особую категорию представляют перевозимые автотранспортом по автомобильным дорогам общего пользования опасные грузы. Доля таких грузов в общем объеме перевозок достигает 10 %, при этом опасные грузы доставляются во всех видах автомобильного сообщения. Перечень опасных грузов насчитывает несколько тысяч наименований, причем перевозка большинства из них может осуществляться только при соблюдении регламентированных условий и требований не только к автотранспортным средствам, водителям и обслуживающему персоналу, но и к маршрутам движения по автомобильным дорогам. В соответствии с требованиями Европейского соглашения о перевозке опасных грузов автотранспортом (ДОПОГ) практически всеми присоединившимися к Соглашению странами, включая Российскую Федерацию, используются Правила перевозок опасных грузов автомобильным транспортом, которые должны постоянно корректироваться с учетом принятых соглашений.

В Российской Федерации запрещена свободная реализация ВВ, средств взрывания, порохов, всех видов ракетного топлива, а также специальных материалов и специального оборудования для их производства, нормативной документации на их производство и эксплуатацию. Одним из ключевых методов профилактики подобных правонарушений является выявление каналов поступлений ВВ и их компонентов вплоть до завода-изготовителя. Данная задача с легкостью реализуется путем маркировки ВВ и их компонентов на стадии промышленного производства. Подобная проблема идентификации материалов относится, помимо ВВ, также и к другим материалам, если требуется определить, откуда поступили эти некачественные продукты или где были произведены продукты, подозреваемые в их незаконном приобретении (хищении). Это могут быть, например, разнообразные строительные материалы типа цементных смесей и др.

Следы продуктов распада, как правило, обнаруживаются при взрыве ВВ, не являющихся бризантными. Большой частью они растворимы в воде, то есть неустойчивы, и успешная идентификация возможна только при быстрой фиксации. Однако данное условие практически недостижимо при работе следственных органов. В очень редких ситуациях удается обнаружить остатки неразложившегося ВВ, что предоставляет хорошие возможности для идентификации. Но даже в этом случае речь идет лишь об идентификации типа ВВ.

Предлагаемая методика маркировки выводит область идентификации ВВ на принципиально новый уровень, предоставляя возможность идентификации продуктов взрывных превращений простыми полевыми способами. Более того, сохраняется возможность точно установить производителя ВВ и их компонентов, что существенно упростит работу следственных органов.

В настоящее время идентификация ВВ проводится при использовании различных методов анализа, таких как:

– тонкослойная хроматография является одним из основных способов идентификации ВВ. В силу же дешевизны, экспрессности, доступности оборудования (возможно применение практически в полевых условиях) чаще всего применяется тонкослойная хроматография. Это вариант хроматографии, основанный на различии в скорости перемещения компонентов смеси в плоском тонком слое (толщина 0,1–0,5 мм) сорбента при их движении в потоке подвижной фазы (элюента). Последней, преимущественно, является бензол или смеси на его основе. Для проявления разделенных пятен дифениламина и его нитрозо- и нитропроизводных используют, как правило, спиртовой раствор фосфорномолибденовой кислоты, а для проявления пятен нитроароматических и нитраминных ВВ – метанольно-ацетоновый раствор дифениламина. В качестве сорбентов используют мелкозернистые силикагель, Al_2O_3 , целлюлозу, крахмал, полиамид, иониты и др. Суспензиями этих сорбентов покрывают

пластиинки из стекла, фольги или пластика; для закрепления слоя применяют крахмал, гипс или др. связующие. Элюентами служат обычно смеси органических растворителей, водных растворов кислот, солей, комплексообразующих и других веществ. В зависимости от выбора хроматографической системы (состава подвижной и неподвижной фаз) в разделении веществ основную роль могут играть процессы адсорбции, экстракции, ионного обмена, комплексообразования. На практике часто реализуются одновременно несколько механизмов разделения. Для разделения ВВ методом тонкослойной хроматографии, в большинстве случаев, пользуются стеклянными пластиинками с закрепленным слоем силикагеля. Промышленностью выпускаются готовые пластиинки с уже закрепленным слоем сорбента.

При наличии в распоряжении исследователя растворов индивидуальных компонентов, предположительно входящих в состав исследуемых образцов, рекомендуется наносить их на пластиинку рядом с экстрактом образца в качестве «свидетелей», что значительно облегчает идентификацию. Если же такой возможности нет, выбирают «реперное» вещество, отсутствующее в исследуемых образцах, но хроматографические характеристики которого известны в условиях применяемых адсорбентов и подвижных фаз, и, по значению его R_f (отношение расстояния центра пятна от точки старта к расстоянию линии фронта растворителя от старта), дают оценку R_f предполагаемых веществ, что облегчает идентификацию последних. Идентификацию вещества в таком случае можно проверить применением его в качестве «метки» (обратный процесс).

Нитраминные ВВ в смеси можно идентифицировать практически однозначно как по положению пятна на хроматограмме, так и по окраске (взаимоналожения отсутствуют). При необходимости необработанное пятно неидентифицированного компонента (местоположение которого на хроматографической пластиинке выясняют предварительно) может быть снято с пластиинки одним из обычных способов. Указанный компонент экстрагируют и снимают его ИК- или УФ-спектр. Использование жидкостного хроматографа со спектрофотометрическим многоволновым детектором в УФ-области позволяет получить УФ-спектр непосредственно в процессе анализа. Большую помощь в предварительной идентификации ВВ может оказать дериватография. По дериватограммам можно оценить температуры различных фазовых переходов и, пользуясь табличными данными, предположить наличие того или иного вещества. В некоторых случаях, например, при идентификации маркирующих компонентов в пластиичных ВВ, может быть полезен метод газовой хроматографии;

– флуоресцентный метод, заключающийся в изучении спектра образованных под действием энергии от внешнего или внутреннего источника возбужденных состояний атомов, молекул, кристаллов и последующем испускании ими квантов света – фотонов. Недостаток данного метода заключается в проведении обязательного анализа проб сравнения, представляющих собой чистый объект носитель, отобранный в стороне от подозрительного участка;

– инфракрасная спектроскопия (ИКС), основанная на следующем принципе: возбуждения атомов и атомных групп, составляющих молекулу, вызывают их колебания. Колебательные спектры обладают высокой специфичностью и широко используются для идентификации веществ;

– газовая хроматография (ГХ), основанная на распределении вещества между двумя фазами, одна из которых является неподвижной, а другая подвижной – газ (пар) продвигается сквозь неподвижную фазу током газа-носителя. Если неподвижная фаза представляет собой жидкое вещество, то такой вариант анализа называют газожидкостной хроматографией;

– хромато-масс-спектрометрия (ХМС), являющаяся гибридным методом анализа, по этой причине должен рассматриваться как сочетание хроматографии (газовой или жидкостной) и масс-спектрометрии. Процессы разделения и анализа здесь протекают совершенно независимо друг от друга.

Однако существующие и развивающиеся методы идентификации достаточно трудно применить после детонации ВВ. Это обусловлено, в первую очередь, высоким уровнем сложности пробоподготовки, поскольку многие компоненты взрывчатых веществ подвержены термической деструкции в ходе взрывных превращений. Существующие методы обнаружения взрывопожароопасных веществ, идентификации взрывопожароопасных веществ (их состава) и места их изготовления требуют для обнаружения наличия сложной дорогостоящей специальной аппаратуры, специальных стационарных лабораторных условий для проведения такого анализа, наличия высококвалифицированного специалиста, обеспечивающего работу специальной аппаратуры. Используемые в настоящее время способы для обнаружения, идентификации взрывопожароопасного вещества (его состава) и места его изготовления не обеспечивают достаточную информативность о характеристиках самого взрывопожароопасного вещества и месте его изготовления, необходимых для проведения оперативных следственных мероприятий, а также для выявления каналов поступления взрывоопасных веществ.

Но именно на решение вопросов противодействия использованию пластических ВВ (ПВВ) в террористических целях направлена разработанная международной организацией гражданской авиации (ИКАО) по поручению Совета Безопасности ООН международная «Конвенция по маркировке пластических ВВ в целях их обнаружения», которая вступила в силу 21 июня 1998 г. Конвенция от имени Союза Советских Социалистических Республик подписана в г. Монреале 1 марта 1991 г. В настоящее время ее ратифицировали 115 государств, включая всех партнеров России по «Группе восьми», и по поручению Президента она должна быть ратифицирована в ближайшее время в Российской Федерации. В качестве маркирующей добавки Конвенцией рекомендовано использовать одно из четырех легколетучих химических веществ: орто-мононитротолуол (о-МНТ), пара-мононитротолуол (п-МНТ), этиленгликольдинитрат (ЭГДН), 2,3-диметил-2,3-динитробутан (ДМНБ). Указанные маркирующие вещества, добавленные в рецептуру ПВВ или эмульсионных ВВ (ЭВВ) при их изготовлении в небольшом количестве, дают возможность обнаруживать наличие ВВ даже при тщательной упаковке в багаже или в тайной закладке на охраняемом объекте.

Основными недостатками маркирующих веществ-добавок, рекомендуемых ИКАО, являются высокая токсичность этих соединений (большинство стран по этой причине отказались от применения ЭГДН и о-МНТ); их недостаточная детектируемость, поскольку пределы определения данных нитросоединений в зависимости от типа газоаналитического прибора находятся в диапазоне 10–12 – 10–14 мол. долей при требовании по уровню чувствительности до 7,8 10–15 мол. долей; и, наконец, их повышенная сорбируемость на различных материалах. Также ключевой проблемой является трудность идентификации продуктов взрыва после взрывных превращений и установление производителя ВВ. В связи с отмеченными причинами представляется вполне обоснованным проводить поиск новых более совершенных по своим характеристикам маркирующих веществ.

ПВВ и ЭВВ (взрывчатые составы) представляют собой смесь кристаллического ВВ пентаэритриттетранитрата (ТЭН) или гексогена, или октогена со связующим компонентом (каучук, смола, желатин и т.п.). Существуют два способа промышленного производства ПВВ и ЭВВ – способ механического смешения компонентов в смесителе и способ водно-сусpenзионного смешения компонентов. Эти способы существенно отличаются по используемому оборудованию и технологическому процессу. Способ механического смешения компонентов используется преимущественно для изготовления ПВВ. Способ водно-сусpenзионного смешения компонентов используется для изготовления как ПВВ, так и ЭВВ. В качестве маркирующего вещества впервые предлагается использовать различные соли, катионы металлов которых способны образовывать карбиды в процессе взрывных превращений.

Основным вопросом разработки технологии приготовления маркированных составов является выбор стадии их изготовления, на которой следует вводить маркирующее соединение. Для этого было изучено влияние различных технологических факторов

на потери маркирующих добавок. Установлено, что основное влияние на потери маркеров при приготовлении составов оказывают температурный и временной факторы, то есть температура проведения технологического процесса и время пребывания маркера при повышенной температуре.

Очевидно, что наиболее равномерное распределение маркирующего соединения в составах можно ожидать при введении его на стадии приготовления раствора связующего в водно-сuspензионной технологии и на стадии приготовления пластификатора в технологии механического смешения при условии хорошей растворимости маркеров в указанных жидких средах. Кроме того, влияние температурного фактора на потери маркеров оказалось очень существенным, особенно в дозаторах соотношений при непрерывной схеме приготовления составов механическим смешением компонентов, в которых температура достигает 200 °C. После проведения большого количества экспериментов, был сделан выбор технологических стадий, на которых наиболее целесообразно вводить маркирующие добавки. Для водно-сuspензионной технологии это стадия гомогенизации составов ПВВ и ЭВВ, а для технологии механического смешения – стадия дозировки сыпучей смеси компонентов. При этом технологические потери маркеров при изготовлении составов по обеим технологиям не превышают 40 %.

Разработанные технологии введения маркеров были отработаны в опытно-промышленных производствах ФГУП «ГосНИИ «Кристалл» и ФГУП «КНИИМ». По результатам отработок выпущены изменения к технологическим регламентам приготовления составов. С целью допуска маркированных составов ПВВ и ЭВВ к применению по прямому назначению проведена разработка и корректировка технических условий на маркированные составы.

Рассмотрим технологические условия образования карбидов на примере карбида кремния. Реакционно-спеченные конструкционные материалы типа C–SiC и изделия из графитовых покрытий SiC широко используются в авиационно-космической технике, ядерной энергетике, электронике и других областях промышленности. Судя по литературным данным, используют, по меньшей мере, две промышленные технологии реакционного спекания. К числу фирм, выпускающих реакционно-спеченные изделия, относятся Sigri (Германия) и Ultra Carbon Corp. (США) [1, 2]. В России реакционно-спеченный материал, состоящий на 92–94 % из SiC, изготавливается Латненский завод огнеупоров [3]. Производственный процесс фирмы Sigri (Германия) заключается в смешивании порошков углерода и SiC, прессовании из этой смеси заготовок, которые затем термообрабатывают. Полученный таким образом пористый полуфабрикат пропитывают жидким кремнием при высоких температурах. Конструкционный материал марки Silit SK термостоек до 1400 °C, имеет теплопроводность, в три раза превышающую теплопроводность стали [1].

Материалы, на основе карбида кремния, полученные методом реакционного спекания, выпускает Латненский завод огнеупоров (ЗАО «ТД «Росогнеупор», Воронежская область, Семилукский район, поселок Латная) [3]. В качестве исходного сырья, необходимого для получения изделий из монолитного поликристаллического карбида кремния (МПК) реакционным спеканием, используют кремний кристаллический КРО или КР-1 (ГОСТ 2169–69), карбид кремния зелёный КЗ (ГОСТ 3647–80) и нефтяной кокс КН (ГОСТ 26132–84). Сущность технологического процесса производства МПК заключается в том, что пористые заготовки, спрессованные из смеси порошкообразного карбида кремния и нефтяного кокса, подвергаются в индукционной печи пропитке расплавленным кремнием при температуре 1 850–2 000 °C. Жидкий кремний взаимодействует с нефтяным коксом, образуя вторичный карбид кремния, цементирующий зерна первичного в непрерывный карбидный каркас. Как видно, технология МПК в некоторых чертах схода с технологией изготовления материала фирмы Sigri [1].

Известен способ получения нанопорошка карбида кремния для использования в производстве изделий спеканием [3], включающий нагрев смеси кремнезема и углеродистого компонента в присутствии в качестве катализатора нитрида алюминия до температуры

1 673–1 813 К в атмосфере аргона, содержащей 20 % азота. Карбид кремния содержит примеси в количестве, % мас.: азота 1–3, свободного (несвязанного в карбид) углерода – более 10,0. Величина удельной поверхности составляет 25 000–30 000 м²/кг, размер частиц 63–75 нм. Недостатками способа являются необходимость использования сложноприготавливаемой высокодисперсной кремнеземуглеродсодержащей шихты, значительное содержание в карбиде кремния примесей свободного (несвязанного в карбид) углерода и нитрида кремния, отсутствие технологических приемов, обеспечивающих пассивацию наночастиц карбида кремния с целью защиты их от поверхностного окисления, что ограничивает применение нанопорошка карбида кремния в составе композиционных материалов.

Карбид кремния (SiC) является одним из наиболее перспективных материалов для высокотемпературной, радиационно-стойкой, силовой и быстродействующей электроники, так как обладает уникальными физическими и электронными свойствами. К этим свойствам относятся: широкая запрещенная зона (примерно в три раза больше, чем у кремния), высокое критическое поле лавинного пробоя (приблизительно в 10 раз больше, чем у кремния), высокая насыщенная скорость дрейфа электронов (в 2,5 раза больше, чем в кремнии и арсениде галлия), высокая термическая стабильность, химическая инертность и т.д.

Но эти же физические свойства обуславливают исключительную сложность SiC технологий. В частности, температуры, при которых выращивают монокристаллы SiC, достигают 2 500 °С; SiC очень трудно поддается механической и химической обработке, поскольку по твердости он уступает только алмазу и карбиду бора, а при комнатной температуре не взаимодействует ни с одним из известных химических травителей.

Из всего вышеперечисленного можно сделать вывод о том, что главной проблемой при получении карбида кремния является также высокая температура синтеза. Тоже самое можно сказать и об остальных карбидах. В рамках данной статьи рассмотрено три карбида: карбид бора, карбид кремния и карбид титана.

Проанализировав множество современных литературных источников, был сделан вывод о минимальной температуре образования указанных карбидов (табл. 2).

Таблица 2

| Вещество | Карбид бора (BC7) | Карбид кремния (SiC) | Карбид титана (TiC) |
|-----------------------------|-------------------|----------------------|---------------------|
| Температура образования, °С | 2 100 | 2 300 | 2 700 |

Однако вопрос о возможности использования карбиообразующих компонентов в целях маркировки ВВ по-прежнему остается открытым. Необходимо оценить соответствие параметров взрыва технологическим условиям образования карбидов. Ключевым критерием является температура нагрева продуктов взрывного превращения.

Температура, развиваемая ВВ, до сих пор представляет непреодолимые затруднения для непосредственного измерения. Доныне известно лишь то, что температура, получающаяся при взрыве обыкновенного пороха, лежит выше температуры плавления платины (1 800 °С). Остается поэтому определять температуру вычислением на основании известного соотношения между температурой t , теплотой, ей сообщаемой, Q и теплоемкостью c по формуле:

$$t = \frac{Q}{c}.$$

Но, принимая « Q » те же, какие соответствуют продуктам после охлаждения, а « c » тождественными с известными для температур, недалеких от обыкновенной, по этой формуле вычисляются t , весьма отдаленные от действительных температур. Причина неточности подобных расчетов, главным образом, заключается в изменении теплоемкости с температурой, так как неполным тождеством продуктов взрыва при максимуме температуры и после охлаждения и связанной с этим некоторой неопределенностью в количестве тепла, участвующего в нагревании, можно пренебречь.

Почти в одно и тоже время, с одной стороны, Е. Малляр и Ле Шателье [4], с другой – Бертело и Вьель [5], подвергли изучению температуры, получающиеся при горении взрывчатых газовых смесей в бомбах, измеряя давления продуктов горения, то есть произвели приближенную оценку этих температур по шкале воздушного термометра. Очевидно, деля количества тепла при постоянном объеме, соответствующие горению смесей, на найденные температуры, получим средние теплоемкости продуктов взрыва при постоянном объеме между пределами от 0° до этих температур, если только при взрыве не было диссоциации. Более точными являются результаты, принадлежащие Е. Малляру и Ле Шателье, так как, разбавляя смеси инертными газами, эти авторы избегали получения особенно высоких температур, при которых можно было ожидать диссоциации H₂O и CO₂, между тем как Бертело и Вьель не прибегали к подобному приему. Если возьмем так называемые частичные теплоемкости, то есть произведения средних теплоемкостей, отнесенных к 1 гр., на частичные веса соответствующих газов, то оказывается – они растут с температурой по формуле $cv=a+bt$, где a и b постоянные зависящие от состава газа, а именно для:

$$CO_2 \quad cv=6,26+0,0037t;$$

$$H_2O \quad cv=5,61+0,0033t;$$

$$H_2, N_2, CO, O_2 \quad cv=4,80+0,0006t.$$

Хотя температуры в опытах Е. Малляра и Ле Шателье не шли выше 2 500 °C, однако, предполагая, что найденные формулы для cv прилагаются и при дальнейшем нагревании, авторы нашли возможным вычислить температуры горения важнейших ВВ [4] по формуле:

$$t=-a+\sqrt{\frac{a^2+4bQ'_v}{2b}},$$

причем Q'v выражено в малых калориях и отнесено к граммовой частице вещества (при газообразной воде), а постоянные a и b для смеси газов, состоящих вообще из CO₂, H₂O и (CO, N₂, H₂, O₂), определены из равенств:

$$a=6,26+5,61+4,8;$$

$$b=0,0037+0,0033+0,0006.$$

Пироксилин – 2 660 °C; нитроглицерин (в динамите с 25 % кремнезема) – 2 940 °C; нитроманнит – 3 250 °C; азотно-аммиачная соль – 1 130 °C; беллит – 2 190 °C.

Очевидно, наиболее высокие температуры получаются для нитроглицерина и нитроманнита вследствие наибольших количеств тепла, отделяющегося при их взрыве. Главное замечание, которое можно здесь сделать, состоит в том, что неизвестно в действительности, применяются ли вышеуказанные формулы теплоемкостей выше пределов температур, при которых они найдены. Хотя Бертело и Вьель, имевшие в своих опытах над газами температуры до 4 000 °C, подтверждают факт продолжающегося возрастания теплоемкостей, но полученные ими числа при столь высоком нагревании суть кажущиеся теплоемкости, то есть представляют средние количества тепла, идущего не только на нагревание, но и на диссоциацию. Кроме того, при взрыве газовых смесей вследствие незначительности их массы на давление должно оказывать влияние охлаждения стенками бомбы, а это необходимо скажется на величинах вычисляемых теплоемкостей.

Проанализировав множество современных литературных источников, был собран материал об основных параметрах взрыва наиболее распространенных взрывчатых веществ. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3. Параметры взрыва основных ВВ

| Наименование ВВ | Скорость детонации м/сек. | Теплота взрыва, ккал/кг | Температура продуктов взрыва, С | Объем продукта взрыва, л/кг | Бризантность по Гессу, мм | Работо-способность по Трауцлю, см ³ |
|--|---------------------------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|
| Инициирующие ВВ | | | | | | |
| Гремучая ртуть | 4800 | 410 | 4300 | 315 | — | — |
| Азид свинца | 4800 | 380 | 4080 | 310 | — | — |
| Тенерес | 1600 | 410 | 2800 | 440 | — | — |
| Бризантные ВВ повышенной мощности | | | | | | |
| Тэн | 8400 | 1410 | 1410 | 780 | 24 | 500 |
| Гексоген | 8380 | 1390 | 3850 | 900 | 24 | 490 |
| Тетрил | 7700 | 1095 | 3915 | 750 | 18–20 | 390 |
| Бризантные ВВ нормальной мощности | | | | | | |
| Тротил | 6900 | 1000 | 3050 | 750 | 16 | 235 |
| Пикриновая кислота | 7200 | 1030 | 3520 | 685 | 18 | 330 |
| Динамит 62 % | 6000 | 1210 | 4040 | 630 | 16 | 350 |
| Бризантные ВВ пониженной мощности | | | | | | |
| Аммонит 80.20 | 5000 | 950 | 2500 | 860 | 10-12 | 350 |
| Динамоны | 2500–4500 | 720–890 | 1940–2750 | 900–950 | 12–14 | 320–350 |
| Аммонал | 5030 | 1000 | 2440 | 800 | 16 | 350 |

На основе полученных данных был составлен график, наглядно демонстрирующий возможность применения различных карбидов для целей маркировки ВВ. Результаты представлены на рис. 3.



Рис. 3. Сравнительный анализ технологических условий образования карбидов с параметрами взрыва

Идентификация карбидных компонентов будет осуществлена методом рентгенофазового анализа. Наряду с высокой точностью, простотой пробоподготовки и высокой чувствительностью, он предоставляет возможности для проведения идентификации в полевых условиях посредством рентгенофазовых анализаторов, получивших в последнее время широкое распространение. Примеры рентгенофазовых анализаторов представлены на рис. 4.



Рис. 4. Примеры рентгенофазовых анализаторов

Главной проблемой при образовании карбидов являются высокие температуры синтеза. В процессе взрывных превращений реагирующие вещества достигают температур в несколько тысяч градусов по Цельсию, что активно способствует образованию карбидов. Из вышеизложенного следует полная техническая, экономическая и практическая актуальность данного метода маркировки. Наряду с высокой точностью, он обладает возможностью обнаружения производителя и каналов поступления веществ, что существенно упрощает работу следственных органов. Более того, представленная методика не требует значительных усилий при проведении пробоподготовки и обладает довольно высокой скоростью проведения анализа. Ключевой особенностью является возможность идентификации веществ после взрывных превращений, что качественно выделяет данную методику среди уже существующих. Учитывая современные тенденции развития науки и техники, можно высоко оценить перспективы ее развития.

Литература

1. Слепцов В.М. Порошковая металлургия. 1965. № 10. 85 с.
2. Самсонов Г.В., Витрянюк В.Г. Получение высокопористых материалов из карбидов переходных металлов. М.: Металлургиздат, 1971. 180 с.
3. Жигалов В.Г., Орлов В.А., Тараканов О.Г. Получение фенолоформальдегидных микросфер // Пластические массы. 1974. № 10. С. 21–22.
4. Mallard E., Le Chatelier H.L. Recherches expérimentales et théorétiques sur la combustion des mélanges gazeux explosif // Annales des mines. 1883. 8-e Ser. T. 4. P. 296–568.
5. An. de Chimie et de Phys. 6-e serie. T. 4. P. 13.

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ЖИЗНДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы тепло-, влаго- воздухообмена в зданиях и сооружениях с точки зрения строительных норм и правил. Приведены примеры причин нарушения нормативов тепло-влаго-воздухообмена при наличии в помещениях значительного количества людей и иных источников водяного пара. Рекомендованы возможные способы устранения последствий таких нарушений. Обсуждены проблемы звукоизоляции, естественной освещенности и инсоляции помещений.

Ключевые слова: тепловой режим помещения, влажность в помещениях, нормативный воздухообмен, расчетные параметры воздуха, принудительная вентиляция, звукоизоляция, естественная освещённость, инсоляция

CURRENT PROBLEMS OF CREATING A COMFORT LIVING ENVIRONMENT

I.L. Danilov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Reviewed the problems of heat, moisture and ventilation in buildings and structures from the perspective of building regulations. Listed the examples of causes of violation heat-water-air exchange in the presence of significant number of people indoors and other sources of water vapor. Recommend ways to eliminate the consequences of such violations. Discussed the problems of sound insulation, natural lighting and insolation premises.

Keywords: heat regime of premises, indoor humidity, standard air exchange, calculated parameters of air, forced ventilation, sound insulation, natural lighting, insolation

Создание комфортной и безопасной среды жизнедеятельности людей в современных зданиях жилого, общественного и производственного назначения включает в себя целый комплекс вопросов, связанных как с физико-техническими характеристиками строительных ограждений, так и с условиями эксплуатации помещений. Важно отметить, что прочностным характеристикам современных зданий и сооружений уделяется достаточно большое внимание [1–3], а вот комплексная оценка параметров помещений, влияющих на здоровую среду жизнедеятельности, проводится далеко не всегда.

Происходящие в процессе эксплуатации помещений явления тепло- и массопередачи, проникновение шумов и света через строительные ограждения являются взаимосвязанными и влияющими на состояние как самих ограждений, так и на здоровье находящихся в этих помещениях людей.

К числу определяющих комфортную среду жизнедеятельности человека факторов в закрытых помещениях можно отнести:

- обеспечение теплового режима;
- обеспечение влажностного режима;
- обеспечение воздухопроницаемости и вентиляции;
- обеспечение звукоизоляции;
- обеспечение инсоляции и освещенности.

Рассмотрим подробнее взаимовлияние перечисленных факторов с учетом нормативных документов, утвержденных за последние несколько лет [4–8].

Обеспечение теплового режима помещений в соответствии с законами [5, 7] ограничивает величину удельного теплового потока через вертикальное строительное ограждение примерно до $20 \text{ Вт}/\text{м}^2$. При таком условии толщина стены здания из кирпича с коэффициентом теплопроводности $0,5\text{--}0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{°C})$ в условиях Санкт-Петербурга должна быть не менее 1 м, а в местностях с более суровыми зимами и того более. Очевидно, что строительство таких зданий становится экономически невыгодным.

Применение современных утеплительных материалов существенно уменьшает требования к толщине ограждений и уменьшает нагрузку на фундамент. Однако известно, что любой утеплитель – это пористый материал. Следовательно, применение «мощных утеплителей» значительно повышает влаго- и воздухопроницаемость ограждения. Возникает проблема возможной конденсации влаги внутри ограждения в зимний период эксплуатации. Кроме того, возможно несоблюдение нормативов по перепаду температуры [7] между внутренней поверхностью ограждения и расчетной температурой внутри помещения. Следствием такой ситуации является появление трещин внутри ограждений, отслаивание отделочных материалов от наружных стен, намокание внутренних стен (особенно в районе углов).

Требование энергоэффективности современных зданий, в частности для окон и дверей, характеризующихся высокой степенью герметичности, не должно означать отказ от необходимости притока в помещение свежего воздуха. Правильная организация воздухообмена – это обеспечение комфортной среды для проживания или трудовой деятельности людей за счет контролируемой вентиляции помещений различного назначения.

В жилищном строительстве обычно принимается следующая схема вентиляции квартир. Отработанный воздух удаляется непосредственно из зоны его наибольшего загрязнения, то есть из кухонь и санитарных помещений, посредством естественной вытяжной канальной вентиляции. Его замещение происходит за счет наружного воздуха, поступающего через негерметичности наружных ограждений (главным образом, оконного заполнения) и посредством проветривания всех помещений квартиры.

Квартира рассматривается в качестве единого воздушного объема с одинаковым давлением. При этом предполагается, что внутреквартирные двери, как правило, открыты или имеют подрезку дверного полотна, уменьшающую их аэродинамическое сопротивление в закрытом положении. Так, например, щель под дверями ванной и уборной должна быть не менее 2 см.

Приведенные выше положения, как правило, распространяются на офисные помещения и учебные аудитории, расположенные в одном здании.

Нормы воздухообмена различного типа помещений определяется согласно нормам проектирования соответствующих зданий и сооружений (актуализированные издания СНиП 2.08.01-89*, СНиП 2.08.02-89*, СНиП 2.09.04-87*), а также рядом других нормативных документов (СНиП 2.04.05-91* и др.).

В соответствии с Приложением 19 СНиП 2.04.05-91* расчетные параметры воздуха и кратность воздухообмена в производственных помещениях, в которых на одного человека приходится объем воздуха менее 20 м^3 , следует принимать равным 30 м^3 на человека в час при температуре воздуха $20\text{--}22 \text{ °C}$.

Рассмотрим детальнее, что означает на практике такое требование. Например, при проведении учебных занятий в аудитории площадью 60 м^2 и высотой потолка 3 м имеем объем воздуха равный 180 м^3 . Если в аудитории находится 18 человек, то на каждого из них на момент начала занятий приходится 10 м^3 свежего воздуха.

С учетом приведенного выше норматива определим время t , через которое нужно обновить воздух в помещении $t=10/30=1/3\text{часа}=20 \text{ мин}$. То есть, обновление воздуха в таких условиях нужно проводить каждые 20 мин.

Выполняется ли это условие на практике – пусть на этот вопрос ответит любой преподаватель, который проводит учебные занятия в школе или вузе.

Следует отметить, что наличие кондиционеров в современных помещениях или открытие окон во время занятий или офисной работы приводит к появлению дополнительных шумов, которые еще больше способствуют потере концентрации людей в процессе физической или интеллектуальной деятельности.

Кроме того, нельзя забывать о том, что человек является источником появления в воздухе значительного количества водяного пара. В результате его дыхания и потоотделения влажность воздуха существенно повышается. Человек в состоянии покоя выделяет 30–60 г/час влаги, а при работе средней тяжести 120–200 г/час. Существенными источниками влагообразования являются комнатные растения (10 г/час для цветка в горшке среднего размера) или открытые водные поверхности (40 г/час с 1 м^2).

Таким образом, вентиляция необходима не только для поступления в помещение свежего воздуха, но и для отвода из него излишков влаги, образующихся в процессе жизнедеятельности. В противном случае, как уже отмечено выше, возможно выпадение конденсата на внутренней стороне окон и на откосах, а следствием систематически высокого содержания пара в воздухе является появление плесени на мебели, стенах и потолках. Для того чтобы началось образование конденсата, воздух вовсе не обязательно должен быть полностью охлажден. Достаточно того, чтобы температура поверхности, которая граничит с воздухом, опустилась ниже точки росы. Этот процесс продолжается до тех пор, пока воздух, граничащий с данной поверхностью, не освободиться от определенного количества воды и его относительная влажность не уменьшиться.

Конденсация воды на стеклопакете с более высоким сопротивлением теплопередаче начнется при более высокой относительной влажности. Это значит, что применение оконных конструкций с более высокими теплозащитными свойствами снижает вероятность появления конденсата.

Однако после установки герметичных современных окон конденсат может появляться не только на внутренних поверхностях стекол, но и на других участках, непосредственно прилегающих к окну.

В этом случае основная причина образования конденсата – «мостики холода». Под «тепловым мостом» понимают то место, в котором наблюдается по сравнению с соседними поверхностями, дополнительный поток тепла и низкая температура поверхности.

Это может происходить в местах присоединения рамы и внешней стены. Там, где находятся рядом различные строительные материалы с разной теплопроводностью и элементы различной формы, неизбежно возникают «мостики холода». Любое установленное в проем окно вызывает сильное искривление изотерм и потери тепла.

Избыточное давление паров воды в помещении в зимний период приводит также к увеличению потока пара через вертикальное ограждение здания, что ухудшает его теплоустойчивость.

Таким образом, перечисленные процессы тепло- и массопередачи (влаги, воздуха, углекислого газа или иных вредных газовых компонент в условиях производственных помещений) требуют комплексного подхода к их решению еще на стадии проектирования здания.

Если приток воздуха недостаточен для обеспечения постоянного нормативного воздухообмена, то для отвода избыточной влаги или углекислого газа между

проводившими целесообразно предусматривать системы принудительной микровентиляции. К ним относятся вентиляционные планки, вентиляционные профили и т.п.

Применяемые системы кондиционирования помещений, в которых люди находятся достаточно длительное время, должны не просто обеспечивать циркуляцию воздуха (по сути, его перемешивание с целью понижения температуры), а осуществлять приточную вентиляцию свежего воздуха с возможностью регулирования его температуры в соответствии с зимним или летним периодом эксплуатации.

Например, традиционные системы микровентиляции пластиковых окон предусматривают отклонение рамы при помощи определенного положения ручки. Створка неплотно прилегает к раме, в результате чего получается зазор, обеспечивающий воздухообмен в помещении. Однако степень проникновения воздуха при этом является неконтролируемым процессом, который не может быть адаптирован к условиям внутренней и внешней среды.

Альтернативным решением микровентиляции является применение оконного ригеля, который позволяет равномерно по всему периметру оконной рамы отодвинуть створку от поверхности рамы. Окно при этом остается закрытым, оставляя лишь небольшую щель с возможностью контролирования воздушного потока. Ригельная система использует также элементы шумоподавления и позволяет уменьшить тепловые потери в процессе вентиляции.

Таким образом, комплексный подход в решении вопросов теплового, влажностного, воздушного режима помещения заключается в разработке на стадии проектирования здания современных систем вентиляции.

Продуманное решение для систем вентиляции позволяет длительное время без потерь тепловых и прочностных характеристик эксплуатацию домов, построенных по канадской технологии из СИП-панелей (утеплитель между двумя древесностружечными панелями). Многие такие дома, в том числе многоэтажные, успешно эксплуатируются в Канаде и США уже десятки лет.

Однако, в СИП-домах, как и во многих более привычных для условий России зданиях, остается актуальным решение проблемы межэтажной шумоизоляции.

Эксплуатация инженерного оборудования жилых зданий, технологического оборудования помещений общественного назначения не должна превышать предельно допустимые уровни шума и вибрации в жилых помещениях.

Для жилых зданий, выходящих окнами на магистрали, при уровне шума выше предельно допустимой нормы необходимо принимать шумозащитные меры [8, табл. 6.1.3.1].

Самой сложной проблемой, которая актуальна для большинства эксплуатируемых зданий, является звукоизоляция пола и потолка в помещениях.

Если при звукоизоляции стен, в основном, необходимо снизить уровень акустического или воздушного шума, то когда нужна звукоизоляция потолка, приходится бороться со всеми типами шума: ударным, структурным и акустическим.

Обдумывая и принимая решение, как осуществить звукоизоляцию потолка, никто не хочет опускать уровень потолка, так как типовые проекты не предусматривают его большой высоты. Эффективная борьба с шумом, проникающим сверху через потолочное перекрытие, возможна только с применением самых современных материалов и технологий.

Для промышленных предприятий проблема звукоизоляции давно не субъективный фактор – нормативы по допустимым уровням шума для производственных помещений сформулированы предельно четко [6, 8], а на проектирование и изготовление защиты от шума затрачиваются значительные ресурсы. Использование современных звукоизолирующих панелей позволит добиться требуемых показателей с минимальными трудозатратами.

На сегодняшний день одной из эффективных систем, способной противостоять шуму, проникающему через потолок, является каркасная виброразвязанная звукоизоляционная система потолка с применением звукоизоляционных материалов последнего поколения.

При проведении звукоизоляции полов практика убедительно доказывает необходимость устройства «плавающей стяжки». Без этого конструктивного элемента невозможно себе представить ни один тип современного пола европейского уровня качества и звукоизолирующей способности.

Все надежды достичь экономии в затрате средств путем замены «плавающей стяжки», например, шумопоглощающими чистыми полами, или подшивными потолками, в соотношении «цена-качество» оказались тщетными. К тому же их устройство лишь в очень малой степени снижает шум. Основное преимущество «плавающей стяжки» заключается в том, что она может быть уложена при полном устраниении ее непосредственного соприкосновения с основными несущими конструкциями здания, что практически неосуществимо при устройстве гибкой потолочной конструкции. При правильном и тщательном выполнении «плавающей стяжки» можно достичь с точки зрения звукоизоляции почти идеальных результатов. После ее устройства передача шумов с этажа на этаж будет происходить практически только за счет передачи корпусных (конструкционных) шумов стенами.

Если же при устройстве полов вопросам звукоизоляции не уделить необходимого внимания, то впоследствии жизнь в квартире или работа в офисном помещении могут вызывать огромный дискомфорт. С одной стороны, будет слышно все происходящее на других этажах, а, с другой стороны, собственные шумы будут отлично доходить до живущих или работающих выше и ниже соседей.

И, наконец, нельзя забывать о требованиях [6, 8] к естественному и искусственному освещению и инсоляции помещений. Жилые помещения – аудитории, комнаты и кухни-столовые должны иметь непосредственное естественное освещение. Коэффициент естественной освещенности (КЕО) в жилых комнатах и кухнях должен быть не менее 0,5 % в середине помещения.

Жилые здания должны обеспечиваться инсоляцией согласно действующим санитарным нормам [8]. Длительность инсоляции в весенне-осенний период года в жилых помещениях должна быть не менее двух-трех часов.

При этом излишнее увлечение панорамными окнами зачастую приводит к проблемам с образованием «мостиков холода» и увеличению тепловых потерь из-за меньшего сопротивления теплопередаче оконных проемов.

В соответствии с [5, 7] уже в ближайшее время всем общественным зданиям в России должен быть присвоен один из десяти классов энергетической эффективности. Таблички с классом энергетической эффективности должны быть закреплены на фасаде дома.

Проекты с существенно низким Д и чрезмерно низким Е классом энергетической эффективности сегодня в России запрещены к строительству. Такие здания построены ранее 2000 г. и подлежат реконструкции.

Строительство и эксплуатация зданий с повышенным классом А энергетической эффективности будут экономически стимулироваться на государственном уровне.

Литература

1. Данилов И.Л., Савин С.Н. Сервис безопасности зданий и сооружений при повышенных механических нагрузках // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2015. № 3 (15). С. 24–29.
2. Савин С.Н., Ситников И.В., Данилов И.Л. Оценка качества монолитных железобетонных конструкций // Жилищное строительство. 2009. № 9. С. 20–21.
3. Савин С.Н., Ситников И.В., Данилов И.Л. Современные методы технической диагностики и мониторинга как средство безопасной эксплуатации строительных конструкций // Ежеквартальное журнальное обозрение «В мире неразрушающего контроля». 2008. № 4 (42). Дек. С. 14–18.

4. О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики: Указ Президента Рос. Федерации от 4 июня 2008 г. № 889 // Рос. газ. 2008. 7 июня.

5. Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации: Федер. закон Рос. Федерации от 23 нояб. 2009 г. № 261-ФЗ // Рос. газ. 2009. 27 нояб.

6. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений: Федер. закон от 30 дек. 2009 г. № 384-ФЗ (в ред. от 2 июля 2013 г.). Доступ из справ.-правовой системы «Гарант».

7. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М., 2012.

8. СанПиН 2.1.2.2645-10 (с изм. от 27 дек. 2010 г.). Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. (зарег. в Министерстве юстиции Рос. Федерации 15 июля 2010 г., рег. № 17833). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

МУЛЬТИФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ СТРУКТУР

**А.П. Карташова, кандидат физико-математических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрен синергетический подход к описанию свойств полупроводниковых светоизлучающих структур с помощью мультифрактального анализа.

Ключевые слова: синергетика, мультифрактальный анализ, полупроводниковые светоизлучающие структуры, характер организации наноматериала

MULTIFRACTAL ANALYSIS OF SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING STRUCTURES

A.P. Kartashova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article concerns the synergetic approach to the description of the properties of semiconductor light-emitting structures using multifractal analysis.

Keywords: synergetics, semiconductor light-emitting structures, multifractal analysis, nanostructural arrangement of the material

Современное материаловедение рассматривает материал как открытую нелинейную систему. В этом случае структура материала формируется в условиях обмена с окружающей средой веществом, энергией и информацией. Эти процессы в большинстве случаев носят необратимый и неравновесный характер и связаны с нарушением симметрии в системе. При направленном характере взаимодействия между системой и внешней средой имеет место формирование устойчивых стохастически самоподобных структур на разных масштабных

уровнях, в том числе, возникает упорядоченность на крупномасштабном уровне (так называемая «самоорганизация»).

Методологической основой изучения и создания новых материалов с заданными свойствами являются принципы синергетики, в соответствии с которыми эффективные способы получения и управления свойствами материалов возможны только в условиях самоорганизации структур [1]. Синергетика, или теория самоорганизации, сегодня представляется одним из наиболее популярных и перспективных междисциплинарных подходов. Слово «синергетика» происходит от греческого «синергос» – содействие, сотрудничество. Ричард Бакминстер Фуллер, признанный архитектор, специалист по дизайну, прикладному искусству и приложении математики назвал синергетикой учение о самоорганизации сложных систем, но свою книгу «Синергетика» опубликовал только в 1982 г. Английский физиолог Чарльз Шеррингтон – человек, который фактически параллельно с Павловым открыл условный рефлекс, – назвал синергетическим, или интегративным, согласованное воздействие нервной системы (спинного мозга) при управлении мышечными движениями. За открытия в области нейрофизиологии он получил Нобелевскую премию в 1932 г. Определение термина «синергетика», близкое к современному пониманию, ввел один из основателей теории лазеров Герман Хакен из Штутгартского университета. В 1973 г. на первой конференции, посвященной проблемам самоорганизации, Хакен сделал доклад, с которого фактически и отсчитывает свое время жизни синергетика. В 1975 г. в журнале «Review of Modern Physics» расширенный и дополненный доклад Г. Хакена был опубликован под названием «Кооперативные явления в сильно неравновесных и нефизических системах». В 1977 г. в издательстве «Springer» вышла книга Г. Хакена «Синергетика» на английском и немецком языках. В 1978 г. книга была переиздана, а вскоре вышла на русском и японском языках [2]. Хакен Г. одним из первых обратил внимание на то, что границы между традиционными дисциплинами утратили отчетливость: образование внутренних структур в лазере происходит в соответствии с законами, очень напоминающими законы конкуренции молекулярных видов. Предметом новой области науки было названо изучение общих принципов функционирования систем, в которых из хаотических состояний самопроизвольно возникают высокоупорядоченные пространственные, временные и пространственно-временные структуры. Синергетика призвана построить физическую модель этих процессов и подобрать для их описания адекватный математический аппарат.

Решение первой задачи Г. Хакен видел в традиционной схеме: для того, чтобы построить физическую модель явления, необходимо разбить систему на мелкие составляющие – атомизировать ее. При таком подходе самоорганизующийся объект представляется как макросистема, составленная из огромного (в пределе – бесконечно большого) количества элементов – макросистем. Для синергетики (в отличие от термодинамики, откуда заимствована данная терминология) безразлична природа макросистемы. Помимо физических и химических систем, элементами которых служат атомы и молекулы (изучением таких систем ограничивается термодинамика), это могут быть биологические организмы, состоящие из огромного числа клеток, экологические системы, составленные из отдельных видов живых существ, и, наконец, социальные системы, заключающие в себе как отдельные социальные группы людей, так и целые народы.

При всем разнообразии внешних признаков элементы макросистемы проявляют поразительное единство, когда при определенных условиях их поведение становится «согласованным», а иногда и «целенаправленным». Результатом такого «сотрудничества» является формирование нового макроскопического свойства у всей макросистемы как целого, хотя каждая отдельная подсистема этим свойством не обладает. Основная задача синергетики и состоит в том, чтобы вскрыть общие принципы, по которым отдельные подсистемы формируют макроскопические свойства полной системы [3].

Синергетика занимается изучением процессов самоорганизации, устойчивости и трансформации структур различной природы, являющимися общими для живой и неживой

природы. Общность заключается в том, что всем естественным (по мнению некоторых ученых, также социальным и историческим) процессам свойственны неравновесные переходы, отвечающие особым точкам – точкам бифуркаций, в которых свойства системы, обусловленные самоорганизацией структур, изменяются самопроизвольно и скачкообразно. Вблизи точек бифуркации в системах наблюдаются значительные флуктуации, роль случайных факторов резко возрастает. Движущей силой самоорганизации диссипативных структур в понятиях термодинамики необратимых процессов является стремление открытых систем при нестационарных процессах к снижению производства энтропии.

Термин «диссипативные структуры» введен для описания поведения сильно неравновесных состояний И.Р. Пригожиным. Ларсом Онсагером и И.Р. Пригожиным были сформулированы принципы, которые легли в основу термодинамической теории образования структур. Дело в том, что по мере увеличения отклонения системы от равновесия, при определенных критических значениях внешних параметров система переходит в качественно новое состояние, которое характеризуется высшим уровнем самоорганизации, а именно, возникновением динамических устойчивых пространственно неоднородных структур, которые называют диссипативными структурами. На языке термодинамики необратимых процессов в области существования диссипативных структур производство (правильнее возникновение) энтропии обеспечивается не только хаотическим поведением элементов системы, но и макроскопическими процессами. Это область термодинамики необратимых процессов. Нелинейная динамика предоставила синергетике математический аппарат, необходимый для описания самоорганизации как макроскопического процесса.

Явление самоорганизации диссипативных структур интересно, прежде всего, с точки зрения открывающейся возможности получения новых материалов с использованием нетрадиционных технологий. Оказалось, что самоорганизующиеся структуры, формирующиеся в неравновесных условиях, обладают свойствами фрактальности, то есть они могут количественно описываться, наряду с другими величинами, с помощью фрактальной (дробной) размерности. С определенной натяжкой можно сказать, что фракталы являются геометрическим образом, самоорганизующейся в сильно неравновесных условиях, системы [4].

Теория фракталов и мультифракталов в настоящее время используется во всех областях науки и техники. В частности, в геологии и геофизике – для определения возраста геологических пород, прогнозирования сейсмической активности и цунами; в экономике – для анализа биржевых котировок, прогнозирования кризисных ситуаций и оценивания риска по финансовым рядам; в биологии и медицине – для моделирования популяций, диагностики заболеваний и физиологического состояния по записям электрокардиограмм и электроэнцефалограмм, при изменении мутаций и изменений на генетическом уровне; в физике – для исследования турбулентности и термодинамических процессов. Этот список далеко не полон [5].

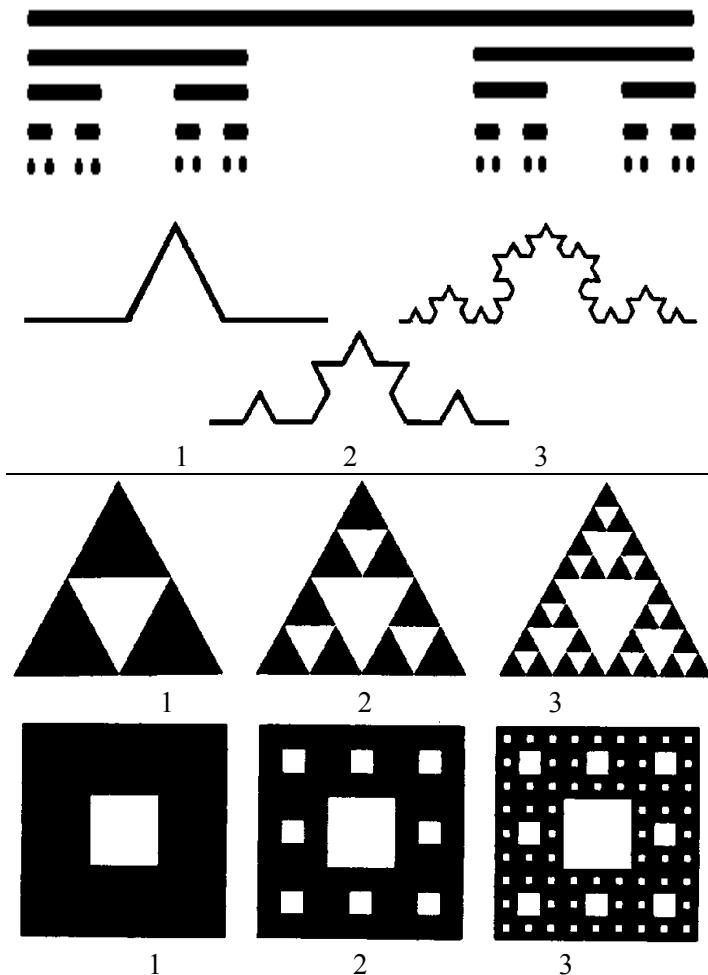
Открытая Б.Б. Мандельбротом общая закономерность геометрических свойств физического мира, проявляющаяся в самоподобии его строения, нашла многочисленные приложения в материаловедении и предоставила новые возможности для описания неупорядоченных микроструктур материалов с использованием строгих количественных терминов таких, как фрактальная размерность. Мандельброт Б.Б. – основоположник теории фракталов, предложил описывать фракталы через понятия самоподобия и масштабной инвариантности. Сам термин фрактал, фрактальный происходит от латинских слов (*frango*, *fregi*, *fractum* – дробный, ломать, разбивать, раздроблять). Достаточно простым и наглядным способом свойство масштабного самоподобия и понятие о фрактальной размерности можно проиллюстрировать с помощью представлений о регулярных фракталах. Такие модельные структуры получаются путем простых рекуррентных процедур разбиения исходной целой фигуры на части или сложения исходных наименьших частей. В качестве наиболее ярких и ставших уже классическими примеров регулярных фракталов можно указать кривые Коха, ковры Серпинского (рис.). Свойство самоподобия количественно выражается с помощью

понятия фрактальной размерности D . Так, если некоторую структуру можно разбить на N подобных друг другу и самой структуре частей (структурных единиц) в $1/r$ раз ($r < 1$) меньшего размера, то ее размерность определяется формулой:

$$D = \lg(N)/\lg(1/r),$$

что подразумевает степенную зависимость $N \sim r^{-D}$ (скейлинг) [6]. В случае обычных геометрических фигур эта формула дает целые значения, и фрактальная размерность D равна евклидовой размерности. Например, для линии $D=1$, для квадрата $D=2$, для сферы и куба $D=3$. На сегодняшний день разработано достаточно большое количество методов определения фрактальных размерностей [1], которые условно можно разделить на геометрические (метод островов среза, Фурье анализ профилей, метод вертикальных сечений и др.) и физические (адсорбционные методы, параметрия, вторичная электронная эмиссия, малоугловое рассеяние электронов и др.). В материаловедении чаще применяются геометрические методы. При этом используются два принципиально разных стратегических подхода. Первый подход базируется на измерении фрактальной размерности непосредственно самой изучаемой структуры. Второй подход заключается в моделировании реальной изучаемой структуры какой-либо наиболее близкой к ней по конфигурации регулярной фрактальной структурой, фрактальная размерность которой уже известна или задается формулой зависимости от параметра. Несмотря на ряд успехов в области использования представлений о регулярных фракталах с вычислением величины фрактальной размерности для параметризации структур разной природы, многочисленные исследования показали явную недостаточность такого подхода [1]. Структура реальных материалов, существующих в природе, сильно отличается от регулярных фракталов. Вследствие этого, одна величина фрактальной размерности не может охватить наблюдаемого разнообразия и отразить количественно свойства неоднородности структур, их пространственной упорядоченности, периодичности и т.д. Именно эти свойства особенно важны при описании диссипативных структур, образующихся в условиях обмена материала веществом, энергией и информацией с окружающей средой. Исходя из этого, современное материаловедение применяет мультифрактальный формализм [7], предоставляющий такую возможность.

Практическое использование мультифрактальных представлений в материаловедении стало возможным, начиная с 80-х гг. XX в., благодаря развитию теоретических представлений, в области мультифрактального формализма, статистической и информационной физики, теории симметрии [7]. Переход от фрактального описания к мультифрактальному означает переход от исследования масштабно-инвариантных свойств объектов, обладающих скейлинговой симметрией, к изучению особенностей распределений физических свойств или каких-нибудь других величин на геометрических носителях. Методология мультифрактальной параметризации структур материалов основывается на фундаментальных принципах самоподобия, стохастической фрактальности и нарушенной симметрии структур природных материалов и использует набор самоподобных мер в евклидовом пространстве, поэтому позволяет более точно охарактеризовать особенности материала. Применительно к металлам и сплавам эта методология была разработана в лаборатории прочности металлических материалов в Институте металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук доктором физико-математических наук Г.В. Встовским, кандидатом физико-математических наук И.Ж. Буниным, доктором физико-математических наук А.Г. Колмаковым, и успешно применяется более 10 лет.



Построение триадного
Канторовского множества
осуществляется путем
бесконечного удаления средних
частей отрезков
(в данном случае одной из трех
равных частей)
 $N=2, r=1/3, D=\lg 2/\lg 3=0,6309$

Построение триадной кривой
Коха проводится бесконечным
удалением одной средней части
и добавлением двух таких же
 $N=4, r=1/3, D=\lg 4/\lg 3=1,2619$

Построение треугольного ковра
Серпинского проводится
бесконечным удалением средних
частей треугольников
 $N=3, r=1/2,$
 $D=\lg 3/\lg 2=1,585$

Построение квадратного ковра
Серпинского проводится
бесконечным удалением
средних частей квадратов
 $N=8, r=1/3,$
 $D=\lg 8/\lg 3=1,8928$

Рис. Примеры построения регулярных модельных фракталов
(цифрами показаны этапы построения; матрица показана черным цветом, а вырезаемые
элементы – белым; D – фрактальная размерность; N – число структурных единиц;
 $1/r$ – во сколько раз уменьшается размер структурной единицы, $D=\lg(N)/\lg(1/r)$; $N \sim r^{-D}$)

Основой мультифрактального подхода к количественному описанию материалов является построение тем или иным способом меры множества, аппроксимирующую изучаемую структуру, «помещенную» в евклидово пространство, которое разбивается на мелкие квадратные ячейки равного размера, и каждой ячейке сопоставляется мера в виде некоторого положительного числа (равноячеистое разбиение), соответствующая области изучаемой структуры, приходящейся на эту ячейку. Для каждой ячейки подсчитывается число единичных элементов структуры, попавших в ячейку, которое делится на общее число элементов структуры. Изучение скейлинговых свойств обобщенной корреляционной функции меры относительно скейлинга самой меры предоставляет широкие возможности для тонкой идентификации объектов со сложной структурой, часто неразличимых или плохо различимых при традиционных способах описания. Под скейлингом понимаются степенные зависимости измеряемых характеристик от масштаба, на котором производится измерение. Понятие меры формализует субъективный подход к описанию изучаемых объектов соответственно их природе или функциям. Если исследуется массовый фрактальный агрегат [8], мерами ячеек могут быть доли m_i/M общей массы агрегата M в ячейках разбиения. Аналогично можно поступать при исследовании объема или площади пустот твердого тела или его сечений (поровое пространство в песке), энергии, затраченные на разрушение различных структурных составляющих, занятая площадь и пр. Довольно

полезным для задач материаловедения является использование вероятностной меры. Дальнейшим развитием такого подхода может служить генерация меры по «рельефу» плоского изображения структуры. В материаловедении и смежных с ним областях в подавляющем большинстве случаев изучаемые структуры представлены именно в виде плоских изображений (например, микрофотографий). В современной компьютерной технике и программах обработки точечной графики такие плоские изображения представляются в так называемой цифровой (оцифрованной) форме – как матрицы дискретных одинаковых по размеру элементов изображений – пикселов. Пиксели – это «точки» различных цветов, уровней серости и пр. Существует несколько форматов точечных графических изображений (например, bmp или pcx). Во всех случаях каждому пиксели приписывается три числовых характеристики (координаты): две из них (i, j) задают положение пикселя на плоскости изображения (x, y), третья характеристика задает его цвет $z(i, j)$. Цветовые характеристики пикселов задаются целыми числами: от 0 до 16, от 0 до 256 или от 0 до 256^3 – для цветных изображений, от 0 до 256 – для серых изображений и 0–1 – для черно-белых изображений (бинарные матрицы из нулей и единиц). «Координаты» пикселов на плоскости представляют собой номера рядов и колонок в матрице пикселов (с помощью которой представляются изображения в цифровом виде) и так же задаются целыми числами. Значение цветовой характеристики можно интерпретировать как высоту рельефа в данной точке (пикселе) изображения. Таким образом, используя цветовую характеристику пикселя как обычное число, можно представить плоское изображение в виде рельефа поверхности в трехмерном пространстве. Причем координаты точек этой поверхности имеют целочисленные значения. Для количественного описания таких поверхностей можно дополнительно использовать дискретные аналоги известных из дифференциальной геометрии характеристик поверхностей. При изучении топографических структур вместо характеристики цвета можно использовать и непосредственно значение высоты рельефа изучаемой поверхности (после нормировки и/или дискретизации для получения целочисленных значений высоты). Примерами подобных структур могут служить трехмерные цифровые изображения поверхности материалов, полученные с помощью туннельного микроскопа или трехмерные цифровые изображения географического рельефа. Генерируемая по характеристике цвета или высоты $z(i, j)$ мера, $\mu_{0ij}=z(i, j)/(\sum_{ij}z(i, j))$ на множестве элементарных ячеек – пикселов, может непосредственно использоваться для мультифрактального анализа изображений. Сумма по двум индексам по всем пикселям на квадратной матрице (i, j) может быть представлена в виде суммы по одному индексу i , если перенумеровать пиксели с помощью одного индекса. Кроме трехмерного изображения на практике часто используется более простой вариант характеризации двумерного изображения исследуемого объекта.

Таким образом, при разбиении охватывающего пространства, в котором содержится изучаемый объект, можно генерировать на нем меру $\{\mu_i\}$, ($\sum_i \mu_i = 1$, $i=1\dots N$) – распределение некоторой эффективной не меняющей свой знак величины. Сам объект называется носителем меры. Понятие мультифрактального формализма базируется на двух основополагающих идеях [6]:

– мультифрактальные меры (характеристики) связаны с исследованием распределения физических или каких-нибудь других величин на геометрическом носителе;

– фрактальная мера может быть представлена взаимосвязанными фрактальными подмножествами, изменяющимися по степенному закону с различными показателями.

Мультифрактальные параметры, полученные с помощью описанного выше метода, позволяют количественно охарактеризовать полупроводниковые светоизлучающие структуры на основе соединений InGaN/GaN. Классификация исследуемых структур по значениям параметров Δ_p (степень упорядоченности) и D_q (обобщенные энтропии (размерности) Ренни) дает возможность выработать объективные критерии связи параметров излучения структур с характером организации наноматериала.

Литература

1. Синергетика и фракталы в материаловедении / В.С. Иванова [и др.]. М.: Наука, 1994. 383 с.
2. Хакен Г. Синергетика. М.: Мир, 1980. 406 с.
3. Пельюхова Е.Б., Фрадкин Э.Е. Синергетика в физических процессах: самоорганизация физических систем. СПб.: Лань, 2001. 180 с.
4. Шмидт В.К. Фрактальный анализ в физико-химии гетерогенных систем и полимеров. Иркутск: Иркутск. ун-т, 2007. 424 с.
5. Кириченко Л.О. Исследование выборочных характеристик, полученных методом мультифрактального флюктуационного анализа // Вестник НТУУ. 2011. Вып. 54. С. 101–110.
6. Юргенс Х., Пайтген Х., Заупе Д. Язык фракталов // В мире науки. 1990. С. 36–44.
7. Встовский Г.В., Колмаков А.Г., Бунин И.Ж. Введение в мультифрактальную параметризацию структур материалов. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. 116 с.
8. Садовский В.Н. Основания общей теории систем. М.: Наука, 1974. 280 с.

РАДИОМЕТРИЧЕСКИЕ И ДОЗИМЕТРИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ В ОБЛАСТИ РАДИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ И ЕДИНИЦЫ ИХ ИЗМЕРЕНИЯ

**Л.А. Коннова, доктор медицинских наук, профессор,
заслуженный деятель науки Российской Федерации.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Статья посвящена современным величинам и единицам их измерения, применяемым в области радиационной безопасности. Данная краткая история формирования современной системы дозиметрических величин. Рассмотрены такие понятия, как базовые, нормируемые и операционные величины в области дозиметрии ионизирующих излучений и единицы их измерений по СИ. Показан переход от экспозиционной дозы к поглощенной дозе излучения. Обсуждается практическое значение унификации единиц измерения как важного фактора обеспечения радиационной безопасности и защиты населения и территорий в условиях чрезвычайной ситуации радиационного характера.

Ключевые слова: радиационная безопасность, активность, доза излучения, экспозиционная доза, поглощенная доза, эквивалентная доза, мощность дозы, линейная передача энергии, взвешенный коэффициент, флюенс, керма

RADIOMETRIC AND DOSIMETRIC QUANTITIES IN RADIATION SAFETY AND UNITS OF MEASUREMENT

L.A. Konnova. Saint-Peterburg university of State fire servise of EMERCOM of Russia

We consider the quantities and units in radiation safety. A brief history of the formation of modern system of dosimetric quantities. We consider the basic, normalized operating and quantities in dosimetry. We discuss the practical importance of unification of units of measurement in radiation safety.

Keywords: radiation safety, activity, radiation dose, exposure dose, absorbed dose, equivalent dose, radiation dose rate, linear energy transfer, radiation weighting factor, fluence, kerma

Временной фактор, как известно, играет ведущую роль в минимизации тяжести последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) радиационного характера. При поступлении информации о радиационной обстановке (в том числе и из соседнего региона или из граничной страны) специалист по радиационной безопасности должен быстро принять соответствующее решение и не терять время на перевод единиц. Особенno важно это в условиях радиационной аварии, последствия которой не имеют границ, о чём свидетельствуют трагические события, имевшие место до Чернобыля, в Чернобыле (1986 г.) и позднее в Японии на АЭС «Фукусима» (2011 г.). [1, 2]. Многофакторность единиц измерения в области радиационной безопасности ведет к отсутствию единства в понимании, определении и обозначении физических величин, что усложняет обмен информацией, затягивает принятие решений о мерах противодействия опасности и ведет к увеличению риска переоблучения населения.

В 1960 г. на XI Генеральной конференции по мерам и весам (ГКМВ) была принята единая международная система единиц – СИ (SI). В каждой стране термины и единицы физических величин, в том числе в области дозиметрии и радиационной безопасности, определены государственными стандартами (ГОСТ). В Российской Федерации с 1 сентября 2003 г. действует ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы величин», с 2008 г. введен Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 г. «Об обеспечении единства измерений» [3]. ГОСТы учтены при создании федеральных регламентирующих документов – норм радиационной безопасности НРБ99/2009 и основных санитарных правил – ОСПОРБ/2010 [4, 5]. Все ранее использовавшиеся в области радиологии и радиационной защиты внесистемные единицы активности и доз излучения из обращения изъяты, за исключением внесистемной единицы измерения энергии электронвольт (эВ) и ее десятичных кратных единиц, таких, как кэВ, МэВ, ГэВ. В то же время остались учебники, методические пособия, задачники, справочники, которые были построены на старых, внесистемных единицах измерения. Это объясняет актуальность темы статьи, предназначенной для изучающих основы радиационной безопасности и защиты в непрофильных учебных заведениях.

Современные величины, которые используют в области радиационной безопасности и защиты для определения потенциальной опасности от радиационных воздействий, разделяют на:

- а) радиометрические величины, предназначенные для описания поля излучения (по названию частиц или излучений);
- б) дозиметрические величины, которые отражают эффекты, вызываемые дозой излучения.

Обеспечением взаимосвязанности этих величин, разработкой определений и коэффициентов перевода для их использования в радиационной защите занимается специальная организация, созданная при ООН и известная как Международная комиссия по радиологическим единицам и измерениям (МКРЕ).

Современная система дозиметрических величин сформировалась в результате развития радиобиологии, дозиметрии и радиационной безопасности. В связи с тем, что критерии безопасности в значительной степени определяет общество, в разных странах сформировались неоднозначные системы дозиметрических величин. В унификации единиц измерения важная роль принадлежит независимой организации – Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ, ICRP) [6, 7]. Комиссия объединяет экспертов в области биологического действия ионизирующего излучения, дозиметрии и радиационной безопасности и постоянно публикует Рекомендации МКРЗ. Под влиянием Рекомендаций МКРЗ сформировалась существующая сегодня система дозиметрических величин. Она включает: базовые физические величины, нормируемые величины, операционные величины.

К базовым физическим величинам относится: активность; флюенс (частиц или квантов); плотность потока частиц (флюенс за единицу времени); экспозиционная доза (Х); поглощенная доза (D); керма (К); энергия излучения; линейная передача энергии (ЛПЭ).

Активность А – число ядер радиоактивного элемента (радионуклида, РН), претерпевших спонтанные (без воздействия извне) ядерные превращения в единицу времени, пропорционально полному числу ядер N этого элемента. Единицей измерения в СИ является Беккерель (Бк), названной в честь Анри Беккереля – французского физика, который через год после открытия В.К. Рентгеном X-лучей открыл естественную радиоактивность урана. В источнике с активностью 1 Бк происходит 1 спонтанное ядерное превращение в 1 с ($1\text{Бк}=1\text{расп/с}$). Традиционной единицей измерения Активности (А) является Кюри. Это большая величина, $1\text{Ки}=3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$, названа в честь Марии Кюри. В 1898 г. Пьер и Мария Кюри открыли радий и полоний, и М. Кюри ввела термин «радиоактивность». В конце 30-х гг. прошлого века их дочь и зять Ирен и Жолио Кюри впервые получили искусственные радиоактивные элементы. Портреты первооткрывателей приведены ниже, все они стали эпонимами – людьми, именем которых названы единицы измерения. Мария Кюри остается единственной женщиной-эпонимом, ее именем была названа единица активности радиоактивных элементов. Рентген В.К. в истории науки является единственным ученым, чьим именем названа целая наука – рентгенология.



В.К. Рентген А. Беккерель П. и М. Кюри И. и Ж. Кюри

Итак, Активность (А) является мерой радиоактивности какого-либо количества радионуклида.

Любой тип излучения создает поле излучения, которое может быть описано величиной, называемой флюенс (F). Это количество частиц (или фотонов), проходящих через единицу площади. Измеряется в частцах на квадратный метр (м^2) и обозначается символом F. Плотность потока частиц – это количество частиц, проходящих через единицу площади в единицу времени. Она обычно измеряется в частцах на квадратный метр в секунду ($\text{м}^2 \cdot \text{с}^{-1}$).

В случае обозначения энергии ионизирующего излучения допускается применение внесистемной единицы измерения – электронвольт (эВ), несмотря на тот факт, что в СИ принята единица измерения энергии джоуль (Дж). Это связано с тем, что Дж большая величина, которую неудобно использовать в области радиационной защиты. Электрон вольт – это количество энергии, приобретенное электроном при ускорении разностью потенциалов в один вольт, маленькая величина даже в масштабах атома – $1 \text{ эВ}=1,6 \times 10^{-19} \text{ Дж}$. Поэтому на практике энергию излучения приводят в кило-электронвольтах (кэВ) или мега-электронвольтах (МэВ).

Еще одна величина – экспозиционная доза (Х). Исторически сложилось так, что первоначально было открыто ионизирующее излучение, полученное искусственным путем на аппарате выдающимся немецким инженером-физиком В.К. Рентгеном в 1895 г. и обозначенное им как X-лучи (в последствие в его честь названо рентгеновским излучением). Для количественного измерения открытого излучения Рентген использовал способность излучения ионизировать воздух и ввел единицу, названную впоследствии его именем – рентген. При дозе рентгеновского или гамма-излучения, равной 1 Р, в 1 см^3 воздуха образуется $2,082 \cdot 10^9$ пар ионов. «Рентген» в качестве единицы дозы рентгеновского излучения был введен в 1928 г. II Международным конгрессом радиологов в честь В.К. Рентгена. Долгое время рентгеновское и гамма-излучение количественно определялись степенью ионизации, которую они производят в воздухе, то есть экспозиционной дозой

(символ X), единицей измерения которой был рентген (Р). Сегодня единицей экспозиционной дозы в системе Си является кулон на килограмм (Кл/кг), а связь с рентгеном и системной единицей следующая: $1\text{P}=2,58\times10^{-4}$ Кл/кг в воздухе. Рентген больше не используется в радиационной защите, но существует много приборов, которые дают показания в рентгенах (Р) или рентгенах в час (Р/ч). В Докладах МКРЕ 39, 43 и 47 приведены коэффициенты для перевода экспозиционной дозы, измеренной в рентгенах, в единицы дозы системы СИ, если известна энергия рентгеновского или гамма-излучения.

Линейная передача энергии (ЛПЭ) – это, по сути, путь, пройденный заряженной частицей в веществе. Является характеристикой ионизирующего излучения (ИИ), показывает, как ИИ передает свою энергию облучаемому веществу. Наибольшей ЛПЭ, например, обладает альфа-излучение, поэтому при попадании внутрь организма наиболее опасно для человека. Информация о базовых физических величинах в области радиационной безопасности и защиты обобщена в таблице № 1.

В настоящее время термин «доза» является общим термином, который применяется к величине энергии, поглощенной при прохождении излучения через вещество. Он часто используется не очень четко и в зависимости от контекста может означать поглощенную дозу, эквивалентную дозу, эффективную дозу или даже экспозиционную дозу.

Эквивалентная доза (биологически значимая) облученного органа или ткани, эффективная доза, коллективная эффективная доза относятся к группе нормируемых величин. Нормируемые величины выражают основные пределы доз, которые непосредственно измерить невозможно.

Эффективная доза (Е) является величиной, которая используется как мера риска возникновения отдаленных последствий облучения всего тела человека и отдельных его органов и тканей с учетом их радиочувствительности. Она представляет сумму произведений эквивалентной дозы в органах и тканях на соответствующие взвешивающие коэффициенты. Чувствительность органов тела человека к действию радиации неодинакова – одни органы и ткани более чувствительны, чем другие. Например, при одинаковой эквивалентной дозе возникновение рака в легких более вероятно, чем в щитовидной железе, а облучение половых желез особенно опасно из-за риска генетических повреждений. Поэтому дозы облучения разных органов и тканей следует учитывать с разным коэффициентом, который называется коэффициентом радиационного риска. Умножив значение эквивалентной дозы на соответствующий коэффициент радиационного риска и просуммировав по всем тканям и органам, получим эффективную дозу, отражающую суммарный эффект для организма.

Использование эффективной дозы позволяет перейти от характеристик поля ионизирующего излучения к последствиям излучения. Для оценки нормируемых величин при радиационном контроле используют операционные величины, которые непосредственно определяются измерениями.

Система операционных величин внешнего облучения была создана в результате совместной работы МКРЕ и МКРЗ более 40 лет назад. По мере изменения нормируемых величин развивались и операционные от максимального эквивалента дозы к величинам амбиентного и индивидуального эквивалента дозы.

Итак, в области радиационной безопасности применяют термин «доза излучения», который сокращенно для краткости обозначают как «доза». В отличие от «дозы вещества», под которой в медицине понимают количество лекарственного препарата, «доза излучения» является собирательным термином, имеющим варианты с разным физическим смыслом. На сегодняшний день различают три основные разновидности дозы излучения: экспозиционная доза, поглощенная доза и эквивалентная доза.

Экспозиционная доза, по сути, является дозой в воздухе, или «падающей дозой». Долгое время для количественного измерения рентгеновского и гамма-излучения использовали ионизационный подход, и единицей измерения был рентген. По мере накопления знаний о природе радиоактивности и видах ионизирующего излучения стало понятно, что необходим более универсальный подход к измерению различных ионизирующих излучений, в том числе

и смешанных. В результате долгих обсуждений и дискуссий в области метрологии ионизирующих излучений в начале 60-х гг. прошлого века МКРЕ ввела универсальную физическую величину – поглощенную дозу (absorbed dose) и ее внесистемную единицу рад (rad-radiation absorbed dose). Поглощенную дозу обозначили как D, она является величиной энергетической – это энергия излучения, поглощенная в единице массы вещества и применимая к любому виду ионизирующего излучения с любой энергией. Системной единицей измерения поглощенной дозы (СИ) является Грэй (Гр), название дано в честь английского физика Л. Грэя, определившего поглощенную дозу (работал в области радиобиологии). 1 Гр соответствует поглощению в 1 кг вещества энергии 1 джоуль (Дж/кг). При этом 1 Гр=100 рад.

Таблица 1. **Физические базовые величины**

| Обозначение величины | Международный символ | Единица измерения СИ | Соотношение единиц измерения |
|--|---|--|--|
| Активность (число ядер, претерпевших спонтанные превращения в единицу времени) | A $A=dN/dt=\lambda N$ λ – постоянная радиоактивного распада | Беккерель Бк, 1 расп/с | Традиционная ед. Кюри $1 \text{ Ки}=3,7 \cdot 10^{10} \text{ Бк}$ |
| Энергия | E_R | Джоуль, Дж Допускается внесистем. ед. изм. электронвольт (эВ), КэВ, МэВ | $1 \text{ эВ}=1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$ |
| Флюенс | F | Частицы на кВ метр в сек. | – |
| Экспозиционная доза | X | Кулоны на кг Кл/кг | Внесистем. ед. Р (рентген) $1 \text{ Р}=2,58 \cdot 10^{-4} \text{ Кл/кг}$ |
| Линейная передача энергии (ЛПЭ) | $L=E/L$ – путь, пройденный в веществе | Джоуль на метр Дж/м | $1 \text{ кэВ/мкм}=62 \text{ Дж/м}$ |
| Поглощенная доза – основная физическая величина | Энергия ИИ, поглощенная веществом | Грей, Гр $1 \text{ Гр}=1 \text{ Дж/кг}$ | Внесистем. ед. рад $1 \text{ рад}=0,01 \text{ Гр}$ |

Поглощенная доза представляет собой адекватную физическую меру биологического действия ионизирующего излучения на тело человека в реальных условиях облучения. Первоначально ее стали использовать в медицинской практике в области лучевой терапии, определяя расчетным путем – вносили поправки, учитывая взаимодействие фотонного излучения с воздухом и мягкими тканями (водой). В 80-х гг. прошлого века были созданы эталоны мощности поглощенной дозы и метрологические методики ее передачи средствам измерения. Это позволило отказаться от измерения в рентгенах. Тогда же ввели понятие – «экспозиционная доза» (exposure dose) с условным обозначением X. Физическая суть этой величины, ее определение и внесистемная единица рентген остались прежними. В СИ единицей измерения экспозиционной дозы является кулон на килограмм (Кл/кг), при этом $1 \text{ Кл/кг}=3880 \text{ Р}$. В области радиационной безопасности вместо экспозиционной дозы ввели термин «эквивалентная доза» (equivalent dose), обозначена как Н. Так же как поглощенная доза, она величина энергетическая, единицей измерения является Дж/кг, названа единица зиверт (Зв) в честь шведского радиофизика, который работал в области радиобиологии. Портреты ученых, именем которых названы единицы измерения, приведены ниже. Следует отметить (не вдаваясь в подробности), что эквивалентная доза дополнительно учитывает вид и энергетический спектр ионизирующего излучения и по определению $H=kD$, где k является коэффициентом качества излучения, который в настоящее время называют взвешивающим коэффициентом, или весовым множителем излучения (табл. 2) и обозначают

как WR. Для гамма-, бета- и рентгеновского излучения 1 Зв=1 Гр. Внесистемной единицей эквивалентной дозы является бэр – биологический эквивалент рада. 1 Зв=100 бэр.



Л.Х. Грей



Р. Зиверт

Таким образом, в настоящее время существуют три основные вида доз: поглощенная, эквивалентная и экспозиционная. Экспозиционная доза, по сути, является количеством излучения, падающим на облучаемое тело (доза в воздухе, определяется по ионизационному принципу). Применяется для описания поля излучения в воздухе (рис.). Поглощенная доза определяется по энергетическому принципу, по количеству энергии, поглощенной облучаемым веществом. В области радиационной безопасности используют эквивалентную дозу и производные от нее.

Нагляднее всего переход от экспозиционной дозы к поглощенной представлен на рисунке в статье М. Вайнберга [8].

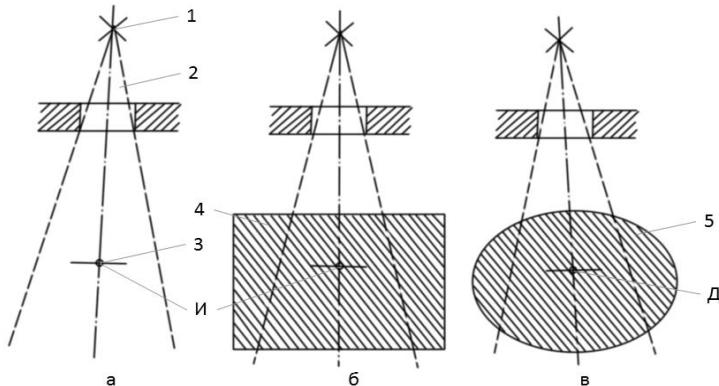


Рис. Переход от экспозиционной дозы X к поглощенной D [8]

(а – измерение X в свободном воздухе; б – в воздушной полости, занятой детектором излучения в водном фантоме; в – определение D в облучаемом теле;

1 – источник излучения; 2 – пучок излучения; 3 – воздушная ионизационная камера;

4 – дозиметрический фантом; 5 – облучаемое тело;

И – измерительная точка; Д – точка дозирования)

Поглощенная доза (D) – это мера энергии, оставленной в веществе любым видом излучения. Системной единицей поглощенной дозы является джоуль на килограмм (Дж/кг) и она называется Грей (Гр). Однако когда говорится о поглощенной дозе, очень важно точно указать вид вещества, в котором поглощена энергия, например, 1,3 мГр поглощенной дозы в воде. Как указывалось, в качестве единицы поглощенной дозы так же используют рад (русское обозначение английской аббревиатуры термина «radiation adsorbed dose» (rad) и один Грей равен 100 рад. 1 Гр=100 рад, или 1 мрад=10 мкГр.

В радиационной защите иногда приходится переходить от старых (внесистемных) к новыми (системным) единицам измерения дозы и мощности дозы (и наоборот). Пример 1 показывает, как это преобразование может быть произведено для поглощенной дозы.

Пример 1. Перевести мрад в Гр и мкГр/час в рад/час:

а) 0,4 мрад в Гр, б) 7,5 мкГр/ч в рад/ч.

Решение:

а) 1 мрад=10 мкГр.

Поэтому 0,4 мрад=0,4x10 мкГр=4 мкГр.

Следовательно, 0,4 мрад равно 4 мкГр или 4×10^{-6} Гр.

б) 1 Гр/ч=100 рад/ч

или 1 мкГр/ч=0,1 мрад/ч.

Поэтому 7,5 мкГр/ч=7,5x0,1 мрад/ч=7,5x10⁻⁴ рад/ч=0,75 мрад/ч

Следовательно, 7,5 мкГр/ч соответствует 0,75 мрад/ч или $7,5 \times 10^{-4}$ рад/ч.

Поглощенная доза является физической величиной, эквивалентная доза относится к нормируемым величинам. Поглощенная доза показывает, сколько энергии было оставлено в поглощающем материале, но ничего не говорит о том, какой вред может быть причинен тканям, и не указывает на уровень потенциальной опасности. Например, уровень вреда, вызываемого в ткани поглощенной дозой 0,5 Гр, будет намного больше, если энергия была оставлена альфа-излучением или нейтронами, чем если он связан с воздействием гамма-излучения. По этой причине, величина, называемая эквивалентной дозой, используется как мера биологического эффекта от воздействия определенного вида излучения на органы или ткани.

Она рассчитывается путем умножения поглощенной дозы $D_{\text{погл}}$ в органе или ткани (измеряемой в Грех) на безразмерный коэффициент, называемый весовым множителем излучения w_R . Весовые множители некоторых излучений, рекомендованные МКРЗ в Публикации 60, приведены в табл. 2.

Таблица 2. Весовые множители ионизирующих излучений

| Вид и диапазон энергий излучения | Весовой множитель излучения (w_R) |
|---|---------------------------------------|
| Альфа-частицы, все энергии | 20 |
| Бета-частицы, все энергии | 1 |
| Гамма- и рентгеновское излучение, все энергии | 1 |
| Нейтроны: | |
| <10 кэВ | 5 |
| 10 кэВ to 100 кэВ | 10 |
| > 100 кэВ to 2 МэВ | 20 |

Единицей измерения эквивалентной дозы в системе СИ является тот же джоуль на килограмм, но ему дано специальное название Зиверт (Зв), чтобы отличать ее от поглощенной дозы. 1 Зв=1 Дж/кг.

Если учесть весовые множители рентгеновского, гамма- и бета- излучения, то понятно, что для этих видов излучения 1 Гр=1 Зв.

Пример 2 показывает, как можно определить эквивалентную дозу из поглощенной дозы.

Пример 2:

а) Переведите приведенные ниже поглощенные дозы в определенном органе или ткани в эквивалентные дозы:

1. 2 мГр от альфа-частиц.
2. 2 мГр от бета-частиц.
3. 2 мГр от гамма-излучения.

б) Какие из них вызовут наибольшее повреждение органа или ткани?

Ответ:

а) 1. перевести $D_{погл}=2$ мГр от альфа-частиц в дозу эквивалентную (Н).

Из табл. 2: $w_a=20$.

Из Формулы 1:

$$H = D_{погл} \times w_a = 2 \times 20 = 40 \text{ мЗв.}$$

Следовательно, эквивалентная доза в определенном органе или ткани за счет поглощенной дозы от альфа-частиц в 2 мГр составляет 40 мЗв.

2. $D_{погл}$ от бета-частиц = 2 мГр.

Из табл. 2: $w_b=1$.

Из Формулы 1:

$$H_b = D_b \times w_b = 2 \times 1 = 2 \text{ мЗв.}$$

Следовательно, эквивалентная доза в определенном органе или ткани за счет поглощенной дозы от бета-частиц в 2 мГр составляет 2 мЗв.

3. $D_{погл g}=2$ мГр

Из табл. 2: $w_g=1$

Из Формулы 1:

$$H_{Tg} = D_{Tg} \times w_g = 2 \times 1 = 2 \text{ мЗв.}$$

Следовательно, эквивалентная доза в определенном органе или ткани за счет поглощенной дозы от гамма-излучения в 2 мГр составляет 2 мЗв.

б) Как видно из пункта а альфа-частицы обуславливают большую эквивалентную дозу, поэтому они вызовут наибольшее повреждение отдельного органа или ткани.

Если имеет место смешанный вид облучения органа (больше, чем одним видом излучения), необходимо суммировать эквивалентные дозы, чтобы учесть различные виды излучения.

Существует еще одна очень важная величина в области радиационной безопасности и защиты – мощность дозы ионизирующего излучения, которая позволяет судить об уровне радиации (ИИ) (мощность эквивалентной дозы, мощность экспозиционной дозы). По сути, мощность дозы является дозой в единицу времени, или скоростью накопления дозы. Измеряется в Зв/час, мкЗв/час, бэр/час, бэр/год, рад/с., мкР/час и т.д. (то есть доза в единицу времени). Например, радиационный фон измеряют в мкЗв/час, или традиционно в мкР/час. В Санкт-Петербурге радиационный фон колеблется от 0,04 до 0,6 мкЗв/час (в среднем составляет 0,15–0,25 мкЗв/час, или 15–25 мкР/час). В России радиационный фон в среднем составляет 0,15–0,25 мкЗв/час. Шкала современных дозиметрических приборов градуирована в мкЗв/час. Определение мощности дозы позволяет оценить уровень радиации (ИИ) и выбрать адекватные меры защиты населения в определенных условиях.

Литература

1. Авария на АЭС «Фукусима-1». Организация профилактических мероприятий, направленных на сохранение здоровья населения Российской Федерации / И.К. Романович [и др.]. СПб.: НИИРГ им. проф. П.В. Рамзаева, 2012. 336 с.

2. Maqbul N. Chernobyl and Beyond: Nuclear Power Renaissance and Apprehensions-Nucl.Future, 2011. V. 7. № 6. P. 47–51.

3. Об обеспечении единства измерений: Федер. закон Рос. Федерации от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ. Доступ из справ.-правового портала «Гарант».
4. Нормы радиационной безопасности (НРБ99/2009) СанПин 2.6.1.2523-09. Доступ из справ.-правового портала «КонсультантПлюс».
5. СП 2.6.1.2612-10. Основные санитарные правила обеспечения радиационной безопасности (ОСПОРБ 99/2010). Доступ из справ.-правового портала «КонсультантПлюс».
6. Международная комиссия по радиационной защите. Рекомендации МКРЗ 2007 г. // МКРЗ 103. М.: Алана, 2009.
7. Применение новой системы МКРЗ: аспекты регулирования и оптимизации. URL: <http://www.atomic-energy.ru/articles/2012/02/21/31159> (дата обращения: 21.12.2015).
8. Вайнберг М.Ш. Доза излучения // Мед. радиология. 1991. № 10. С. 53–55.

НЕЙРОСЕТЕВОЕ РЕШЕНИЕ ОБРАТНОЙ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ НЕФТЕПРОДУКТОВ МЕТОДОМ СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

Е.С. Трачевская;

А.В. Иванов, кандидат технических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Приведены результаты исследования следов автомобильных бензинов спустя различные промежутки времени после нанесения методами атомно-силовой микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния. Показана возможность идентификации следов нефтепродуктов с помощью нейронных сетей.

Ключевые слова: бензины, атомно-силовая спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния

NEURAL NETWORK FOR SOLVING INVERSE PROBLEMS IDENTIFICATION OF OIL PRODUCTS BY RAMAN SPECTROSCOPY

E.S. Trachevskaya; A.V. Ivanov.

Saint-Peterburg university of State fire servise of EMERCOM of Russia

The results of the study of traces of motor gasoline after different intervals after the application of the methods of atomic force microscopy and Raman spectroscopy. Demonstrated the possibility identifying traces of oil using neural networks.

Keywords: gasoline, atomic force spectroscopy, Raman spectroscopy

Проблема идентификации вида нефтепродуктов при обеспечении промышленной безопасности возникает при мониторинге трубопроводного транспорта нефтепродуктов, обнаружении аварийных разливов, проведении экспертных мероприятий на месте пожара или аварии [1].

Аварии, связанные с разливом нефтепродуктов, происходят достаточно часто, некоторые из них могут приводить к человеческим жертвам и серьезному материальному ущербу. В связи с этим важную роль играет ликвидация данных аварий в оперативном режиме, что осложняется зачастую невозможностью определения источников утечек в кратчайшее время [2].

В данной работе решается проблема идентификации вида нефтепродуктов с помощью нейронных сетей, которые являются одним из мощных средств анализа.

В последние несколько лет наблюдается рост интереса к нейронным сетям, они находят успешное применение в самых различных областях – бизнесе, медицине, геологии, физике. Нейронные сети вошли в практику везде, где нужно решать задачи прогнозирования, классификации и управления. Такие характеристики нейронных методов, как возможность нелинейного моделирования и сравнительная простота реализации, часто делают их незаменимыми при решении сложнейших многомерных задач.

Нейронные сети нелинейны по своей природе и представляют собой исключительно мощный метод моделирования, позволяющий воспроизводить чрезвычайно сложные зависимости. На протяжении многих лет в качестве основного метода в большинстве областей использовалось линейное моделирование, поскольку для него хорошо разработаны процедуры оптимизации. Там, где линейная аппроксимация неудовлетворительна и линейные модели работают плохо, а таких задач достаточно много, основным инструментом становятся нейронные методы. Кроме того, нейронные сети справляются с «проклятием размерности», которое не позволяет моделировать линейные зависимости в случае большого числа переменных.

Нейронные сети учатся на примерах. Пользователь нейронной сети подбирает репрезентативную выборку, а затем запускает алгоритм обучения, который автоматически воспринимает структуру данных. При этом от пользователя, конечно, требуется какой-то набор эвристических знаний о том, как следует отбирать и подготовливать данные, выбирать нужную архитектуру сети и интерпретировать результаты, однако уровень знаний, необходимый для успешного применения нейронных сетей, гораздо скромнее, чем, например, при использовании традиционных методов статистики [3].

Целью исследования являлось определение возможности идентификации автомобильных бензинов методом спектроскопии комбинационного рассеяния спустя определенные промежутки времени.

При постановке эксперимента в качестве исследуемых объектов использовались автомобильные бензины АИ-92 [4], которые наносились на слюду, стекло и бумагу.

Учитывая возможные проблемы идентификации, при постановке эксперимента применялась КР-спектроскопия в сочетании с атомно-силовой микроскопией (АСМ). При применении методов КР-спектроскопии и АСМ их важным преимуществом, по сравнению с остальными методами идентификации, является практически полное отсутствие процесса пробоподготовки.

В качестве исследуемых объектов использовался автомобильный бензин АИ-92 [5], полученный на автомобильных заправках ООО «ПТК–Сервис». Исследования проводились на установке N-TegraSpectra, при использовании лазера с длиной волны 532 нм [6]. При проведении эксперимента исследуемые образцы выдерживались в течение различного времени (от 0 ч до 21 сут) [7].

На основании полученных данных возможно проведение аналитической оценки КР-спектров, при этом предполагается использование метода нейронных сетей, что позволит с достаточной точностью определять вид нефтепродукта и время, в течение которого он находился в среде.

Рассмотрим данные спектров комбинационного рассеяния бензина АИ-92, а также слюды (рис. 1–10).

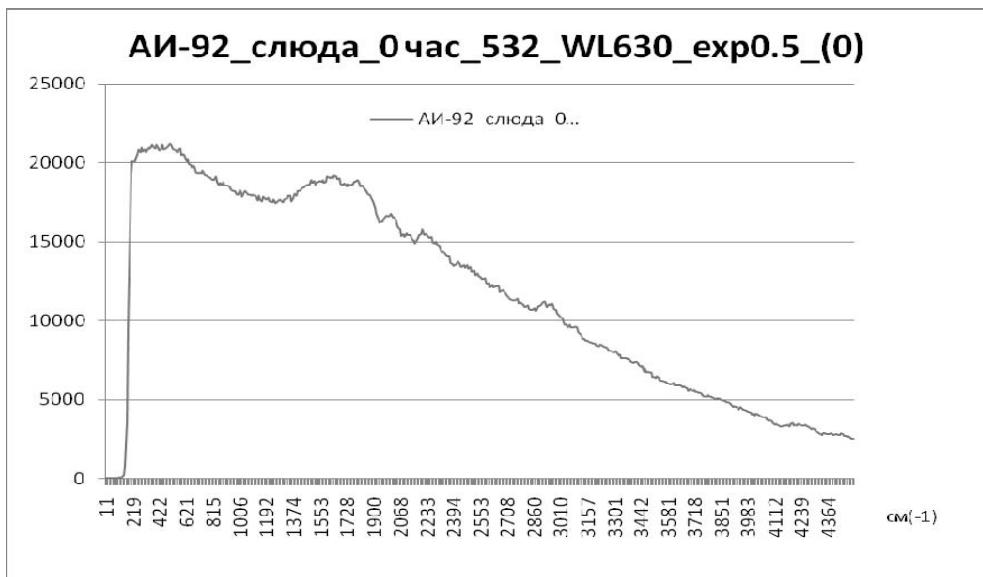


Рис. 1. Бензин АИ-92 спустя 0 ч на слюде

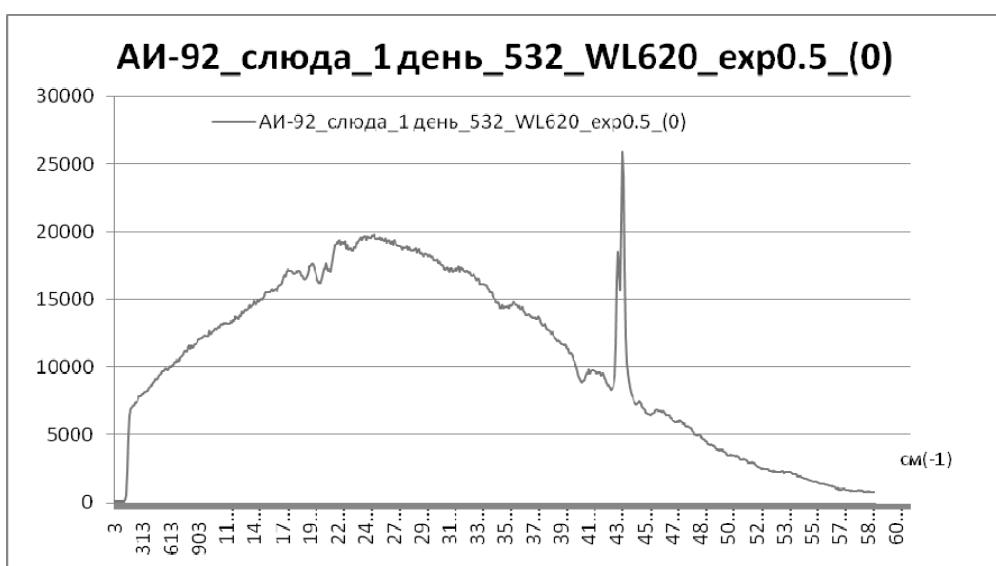


Рис. 2. Бензин АИ-92 спустя 1 сут на слюде

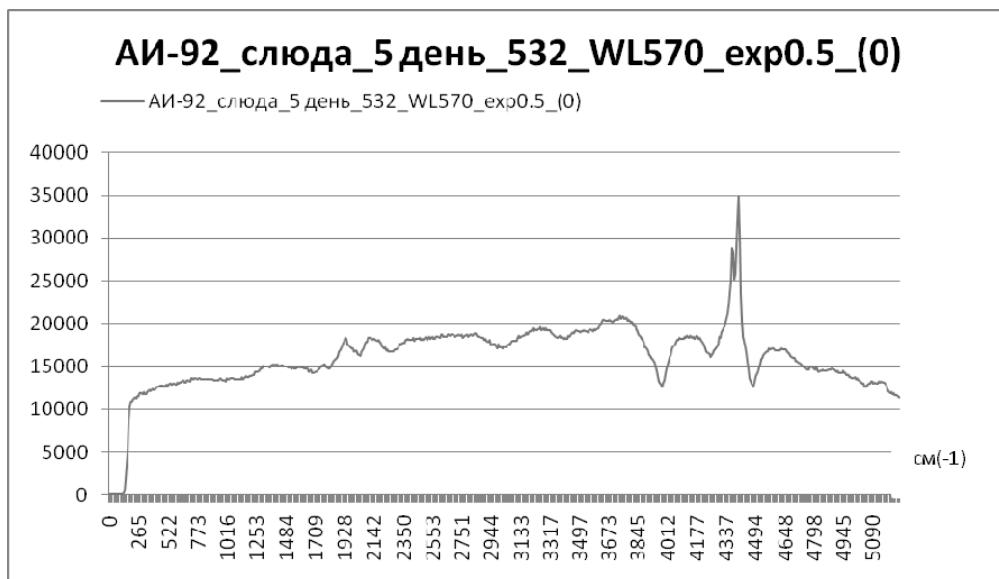


Рис. 3. Бензин АИ-92 спустя 5 сут на слюде

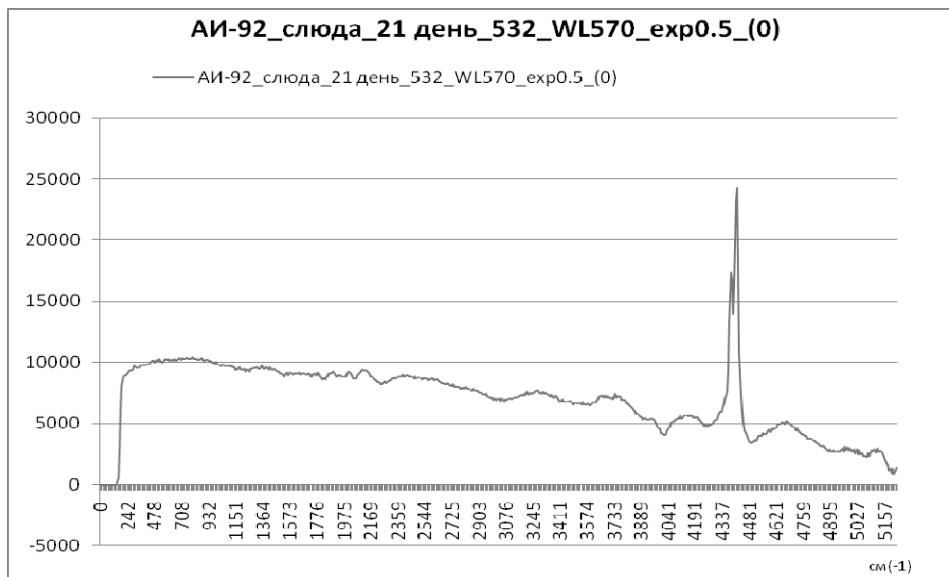


Рис. 4. Бензин АИ-92 спустя 21 сут на слюде

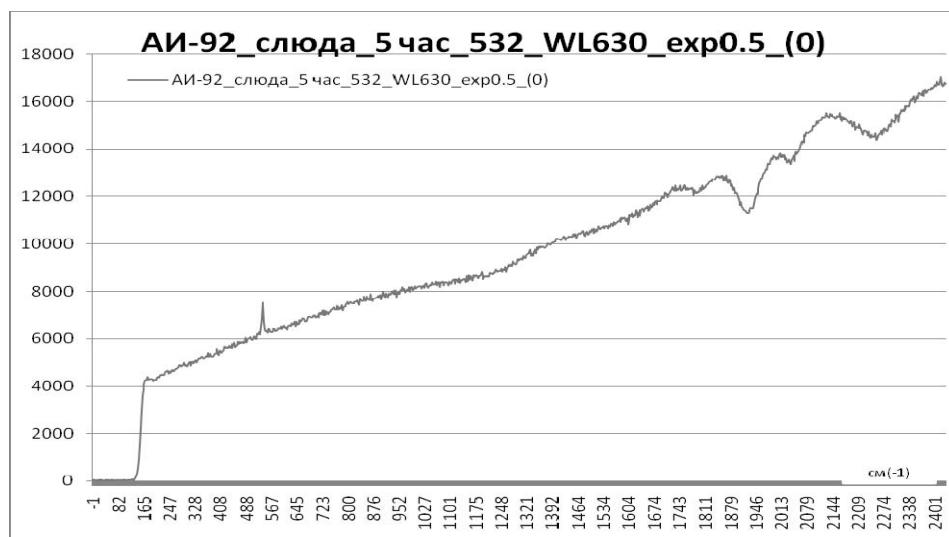


Рис. 5. Бензин АИ-92 спустя 5 ч на слюде



Рис. 6. Бензин АИ-92 спустя 90 сут на слюде

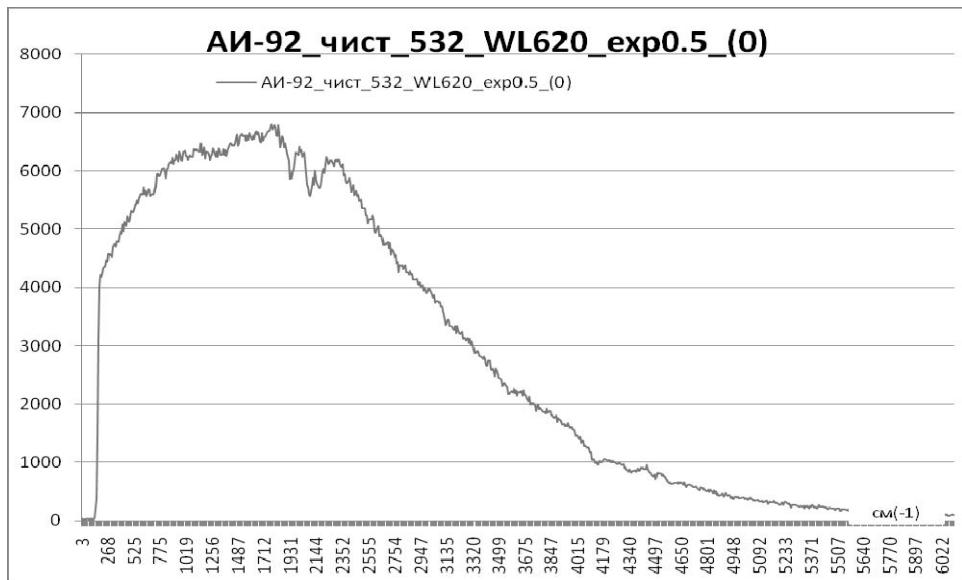


Рис. 7. Бензин АИ-92 чистый

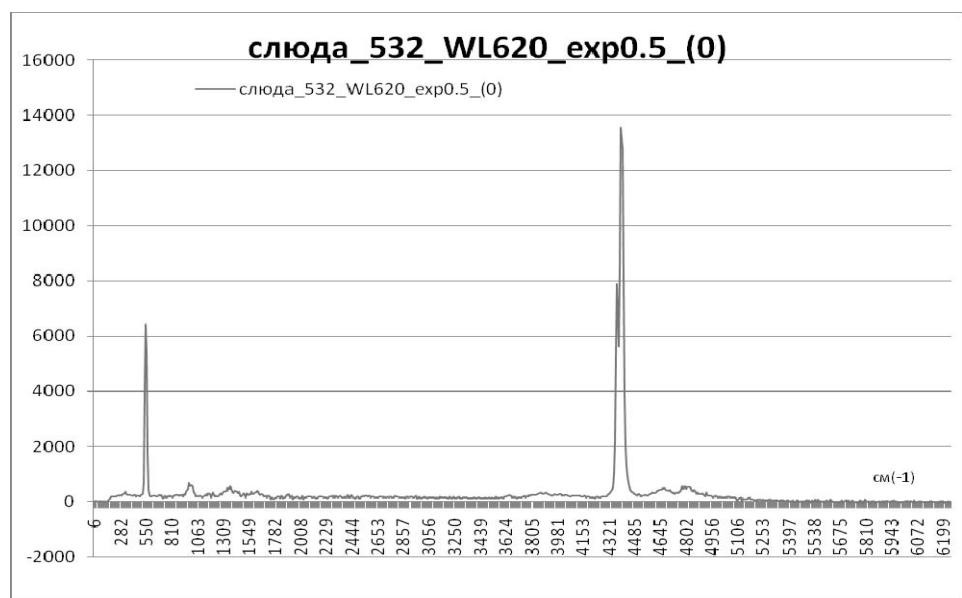


Рис. 8. Слюда



Рис. 9. Бензин АИ-92 спустя 1 день на стекле



Рис. 10. Бензин АИ-92 спустя 1 день на бумаге

Из рис. 1–10 видно, что пики бензина АИ-92 спустя различные промежутки времени абсолютно идентичны, что свидетельствует о возможности идентификации нефтепродуктов методом КР-спектроскопии спустя длительные промежутки времени с момента аварий или утечек.

Далее методом экспертной оценки выбирались пики из всего спектра, которые могли быть значимыми для дальнейшей экспертизы.

Всего было выбрано 10 пиков от 50 до 3500 cm^{-1} , которые в дальнейшем будут являться входными параметрами в нейронной сети. Примеры пиков представлены на рис. 11, 12.

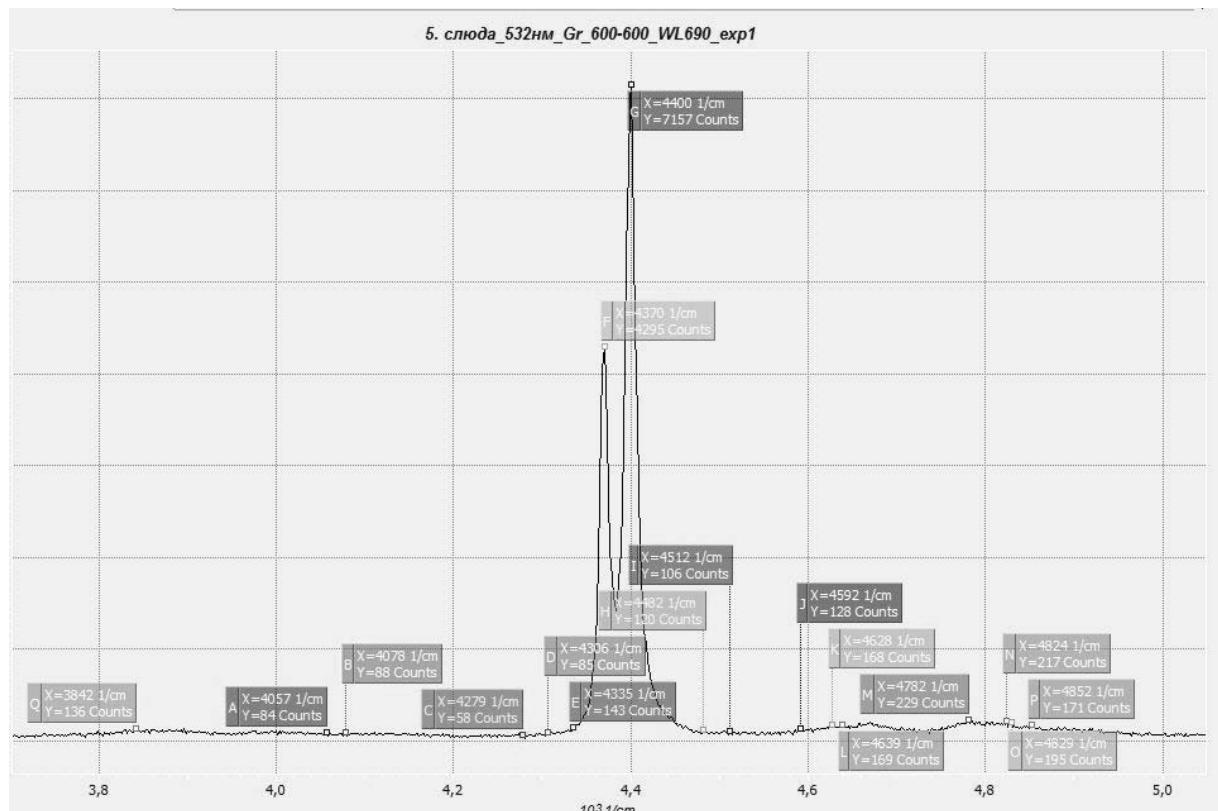


Рис. 11



Рис. 12

Для того чтобы нейронная сеть приобрела способность решать конкретную задачу, то есть на каждый входной сигнал выдавать необходимый выходной сигнал, необходимо провести настройку параметров сети. Настройка производится по обучающей выборке, которая состоит из пар (\langle вход \rangle , \langle желаемый выход \rangle) – обучающих примеров [8].

Если в необученную нейронную сеть ввести входной сигнал одного из примеров обучающей выборки, то выходной сигнал сети будет существенно отличаться от желаемого выходного сигнала, определенного в обучающей выборке. Функция ошибки численно определяет сходство всех текущих выходных сигналов сети и соответствующих желаемых выходных сигналов обучающей выборки. Наиболее распространенной функцией ошибки является среднеквадратичное отклонение. Однако предложены и другие функции ошибки.

Цель обучения – минимизировать функцию ошибки, то есть найти такие значения параметров сети, при которых текущие выходные сигналы сети минимально отличаются от соответствующих желаемых выходных сигналов, заданных обучающей выборкой.

Для обучения нейронных сетей могут быть использованы различные алгоритмы. Можно выделить две большие группы алгоритмов – градиентные и стохастические. Градиентные алгоритмы обучения сетей основаны на вычислении частных производных функции ошибки по параметрам сети. Среди градиентных различают алгоритмы первого и второго порядков. В стохастических алгоритмах поиск минимума функции ошибки ведется случайным образом.

При обучении сетей, как правило, используется один из двух следующих критериев останова: останов при достижении некоторого малого значения функции ошибки или останов в случае успешного решения всех примеров обучающей выборки.

Перед обучением выполняется инициализация нейронной сети, то есть присваивание параметрам сети некоторых начальных значений. Как правило, эти начальные значения – некоторые малые случайные числа.

Для формирования обучающих выборок, инициализации и обучения в программах моделирования нейронных сетей используются специальные процедуры. Возможность использования многостраничного обучения является очень важной при решении практических задач с помощью нейронных сетей, моделируемых на обычных компьютерах.

Обучение – это итерационная процедура, которая при реализации на обычных компьютерах требует значительного времени.

Исследования сетей проводились в программе Statistica – программный пакет для статистического анализа, разработанный компанией StatSoft, реализующий функции анализа данных, управления данных, добычи данных, визуализации данных с привлечением статистических методов. За ноябрь было оценено около 8 000 сетей, которые тестировались аппаратно, и результаты сверялись с практическими значениями. Входные параметры представлены в табл. 1.

Таблица 1

| x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | x10 | день | Y |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-------------|---------------|
| 17125 | 16743 | 17658 | 19005 | 18639 | 17258 | 14424 | 11673 | 12350 | 11823 | 1 | слюда 1 день |
| 15044 | 18151 | 18038 | 17679 | 18415 | 19161 | 18431 | 16917 | 13178 | 10158 | 5 | слюда 5 день |
| 18641 | 16625 | 15038 | 13466 | 10997 | 14236 | 13756 | 12453 | 11463 | 10213 | 0 | слюда 0 ч |
| 17890 | 18332 | 18154 | 17126 | 14834 | 14912 | 14422 | 10616 | 10922 | 10140 | 21 | слюда 21 день |
| 17105 | 16204 | 15006 | 13408 | 10115 | 11024 | 12607 | 11022 | 10098 | 10093 | 5 | слюда 5 день |
| 17978 | 16952 | 16212 | 14905 | 12984 | 13339 | 13854 | 12675 | 11474 | 10470 | 21 | слюда 21 день |
| 17531 | 16569 | 15595 | 14139 | 11516 | 12154 | 13215 | 11829 | 10770 | 10277 | 5 | слюда 5 день |
| 17852 | 16844 | 16038 | 14688 | 12569 | 13004 | 13674 | 12436 | 11275 | 10416 | 0 | слюда 0 ч |
| 17222 | 16304 | 15168 | 13609 | 10500 | 11335 | 12774 | 11243 | 10283 | 10144 | 21 | слюда 21 день |
| 17380 | 16440 | 15387 | 13881 | 11021 | 11755 | 13000 | 11544 | 10533 | 10212 | 5 | слюда 5 день |
| 18761 | 17624 | 17294 | 16248 | 15559 | 15415 | 14973 | 14159 | 12709 | 10809 | 21 | слюда 21 день |
| 17222 | 16305 | 15169 | 13609 | 10501 | 11335 | 12774 | 11244 | 10283 | 10144 | 0 | слюда 0 ч |
| 17938 | 16919 | 16158 | 14837 | 12855 | 13234 | 13798 | 12601 | 11412 | 10453 | 1 | слюда 1 день |
| 18732 | 17599 | 17253 | 16197 | 15462 | 15337 | 14931 | 14103 | 12662 | 10796 | 5 | слюда 5 день |
| 17993 | 16965 | 16233 | 14930 | 13033 | 13378 | 13875 | 12703 | 11498 | 10477 | 0 | слюда 0 ч |
| 18465 | 17370 | 16885 | 15741 | 14586 | 14631 | 14550 | 13598 | 12242 | 10681 | 21 | слюда 21 день |
| 17360 | 16423 | 15359 | 13846 | 10955 | 11701 | 12972 | 11506 | 10501 | 10203 | 0 | слюда 0 ч |
| 18565 | 17456 | 17023 | 15912 | 14914 | 14895 | 14693 | 13787 | 12400 | 10724 | 5 | слюда 5 день |
| 19056 | 17876 | 17701 | 16753 | 16526 | 16196 | 15394 | 14716 | 13173 | 10936 | 21 | слюда 21 день |
| 17972 | 16947 | 16204 | 14895 | 12965 | 13323 | 13846 | 12664 | 11465 | 10468 | 0 | слюда 0 ч |
| 17907 | 16892 | 16114 | 14783 | 12751 | 13151 | 13753 | 12541 | 11362 | 10439 | 5 | слюда 5 день |
| 17302 | 16373 | 15279 | 13747 | 10765 | 11548 | 12889 | 11396 | 10410 | 10178 | 21 | слюда 21 день |
| 17827 | 16824 | 16005 | 14647 | 12490 | 12940 | 13639 | 12390 | 11237 | 10405 | 0 | слюда 0 ч |
| 19180 | 17983 | 17872 | 16966 | 16934 | 16525 | 15571 | 14951 | 13368 | 10989 | 5 | слюда 5 день |
| 18084 | 17043 | 16358 | 15086 | 13332 | 13619 | 14005 | 12875 | 11641 | 10516 | 1 | слюда 1 день |
| 17682 | 16699 | 15804 | 14397 | 12012 | 12554 | 13431 | 12115 | 11008 | 10342 | 5 | слюда 5 день |
| 19046 | 17868 | 17688 | 16736 | 16495 | 16170 | 15380 | 14698 | 13158 | 10932 | 0 | слюда 0 ч |
| 17612 | 16639 | 15707 | 14278 | 11783 | 12370 | 13332 | 11983 | 10898 | 10312 | 21 | слюда 21 день |
| 18276 | 17208 | 16625 | 15417 | 13966 | 14130 | 14281 | 13240 | 11945 | 10599 | 1 | слюда 1 день |
| 18733 | 17600 | 17255 | 16199 | 15465 | 15340 | 14933 | 14105 | 12664 | 10796 | 5 | слюда 5 день |
| 18741 | 17606 | 17266 | 16213 | 15491 | 15361 | 14944 | 14119 | 12676 | 10800 | 0 | слюда 0 ч |
| 17892 | 16879 | 16094 | 14759 | 12704 | 13112 | 13732 | 12513 | 11340 | 10433 | 5 | слюда 5 день |
| 18795 | 17653 | 17341 | 16306 | 15670 | 15505 | 15022 | 14223 | 12762 | 10823 | 21 | слюда 21 день |
| 17823 | 16820 | 15999 | 14640 | 12476 | 12929 | 13633 | 12382 | 11230 | 10403 | 0 | слюда 0 ч |

В результате получилось несколько сетей, у которых параметр ошибки тестирования был менее 1 %. Структура сети приведена в табл. 2.

Таблица 2

| Index | Net. name | Training perf. | Test perf. | Validation perf. | Training error | Test error | Validation error | Training algorithm | Error function | Hidden activation | Output activation |
|-------|-------------|----------------|------------|------------------|----------------|------------|------------------|--------------------|----------------|-------------------|-------------------|
| 7 | MLP 10-8-1 | 0,849485 | 0,41982 | 0,658075 | 8,59815 | 21,80152 | 28,815 | BFGS 61 | SOS | Tanh | Logistic |
| 20 | MLP 10-14-1 | 0,869424 | 0,290334 | 0,642317 | 7,57828 | 24,25564 | 30,377 | BFGS 40 | SOS | Logistic | Logistic |

Результаты

1. Сеть для всех сред

| факт. время образца | проверка сети 20.y_(t) | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | x10 |
|---------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| 1 | 3,33709 | 14667 | 11670 | 8935 | 11874 | 7976 | 6901 | 10352 | 7164 | 4724 | 10108 |
| 5 | 3,33722 | 10327 | 14876 | 16772 | 16723 | 8686 | 7497 | 7986 | 6380 | 8546 | 6306 |
| 21 | 21 | 9722 | 10583 | 16551 | 16054 | 7764 | 5723 | 6404 | 7479 | 1495 | 5023 |
| 0 | 0 | 10255 | 14380 | 6835 | 15874 | 6623 | 8209 | 9010 | 8732 | 1918 | 5981 |

Вывод: сеть работает хорошо при малом времени нахождения образца на поверхности.

2. Сеть для твердой поверхности

| факт. время образца | проверка сети 1.y_(t) | x1 | x2 | x3 | x4 | x5 | x6 | x7 | x8 | x9 | x10 |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| 1 | 21 | 8945 | 9166 | 9077 | 8563 | 7417 | 7456 | 7211 | 5308 | 5461 | 5070 |
| 5 | 4,99951 | 10837 | 6813 | 17144 | 11766 | 9552 | 6814 | 13343 | 9369 | 5337 | 10089 |
| 21 | 0 | 16067 | 17033 | 11203 | 9848 | 5538 | 5077 | 3456 | 6997 | 1821 | 10133 |
| 0 | 4,97936 | 16747 | 9753 | 16764 | 8233 | 7621 | 6305 | 10567 | 3672 | 10772 | 2477 |

Вывод: сеть работает хорошо во всех диапазонах, но существуют определенные ограничения по твердой поверхности.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что экспериментально полученная модель решает задачи при экспертной оценке на стадии проведения контрольных мероприятий при мониторинге объектов нефтегазового комплекса, проведения экспертных действий на местах возможных чрезвычайных ситуаций. С помощью этой модели появилась возможность определять время нахождения образца, несмотря на сложность состава, с достаточной точностью. Тип образца можно определить, построив классификационную нейронную сеть по образцам различного типа либо иным более точным способом.

Литература

1. James G. Speight. Handbook of Petroleum Analysis. 2001.
2. База данных экономической статистики о странах мира, рынках и компаниях. URL: <http://www.statinfo.biz/> (дата обращения: 05.04.2015).
3. Головко В.А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. М., 2001. Кн. 4. 256 с.
4. ТУ 38.001165-97. Бензины автомобильные экспортные. URL: <http://www.chemister.ru> (дата обращения: 12.01.2016).
5. ГОСТ 2084–77. Бензины автомобильные. Технические условия.
6. Mark Ahmadijan, Chris W. Brown. Petroleum Identification by Laser Raman Spectroscopy // Analytical Chemistry. 1976. Vol. 48. № 8.
7. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. Н. Новгород, 2004.
8. Адаптивное построение иерархических нейросетевых классификаторов / С.А. Доленко [и др.] // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2005. № 1–2. С. 4–1.

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ВОЗРАСТНЫХ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛИЧНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

И.М. Асеев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены педагогические особенности дополнительного обучения сотрудников Государственного пожарного надзора на основе личностно-ориентированной модели. Описаны основные направления в анализе трактовок содержания личностно-ориентированного образования. Приведены основные концептуальные положения личностно-ориентированной дополнительной профессиональной подготовки возрастных обучающихся. Проведена характеристика подходов к личностно-ориентированной дополнительной профессиональной подготовке.

Ключевые слова: Государственный пожарный надзор, личностно-ориентированная модель, дополнительная профессиональная подготовка, профессиональные компетенции

PEDAGOGICAL FEATURES ADDITIONAL TRAINING AGE STUDYING USING PERSONALITY-ORIENTED TECHNOLOGIES

I.M. Aseev.

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

Considered pedagogical features additional training of employees of the State fire supervision based on personality-oriented model. The basic trends in the analysis of the content of interpretations of student-centered education. The main conceptual provisions of personality-oriented additional training age students. Spend a characteristic approach to personality-oriented additional training.

Keywords: State fire control, personality-oriented model, additional training, professional competence

Изменения, происходящие в образовательных ориентирах и активизации гуманистических традиций в пожарно-техническом дополнительном образовании, могут означать становление современных педагого-психологических концепций, которые должны быть нацелены на создание педагогических технологий формирования творческой, жизненно-активной, духовно-развитой и профессионально подготовленной личности сотрудника Государственного пожарного надзора (ГПН).

Современная педагогическая наука считает личностно-ориентированную модель дополнительной профессиональной подготовки (ДПП) как этикогуманистическое явление, утверждающее принципы уважения личности уже сформировавшегося профессионально сотрудника ГПН на основе партнерства и сотрудничества, диалога и индивидуализации процесса дополнительной профессиональной подготовки. Научное понимание сущности личностно-ориентированного образования имеет разную концептуальную и понятийную структуру, что отражается в работах В.В. Серикова, С.В. Беловой, В.И. Данильчука, Е.А. Крюковой, В.В. Зайцева, Б.Б. Ярмахова, Е.В. Бондаревской, Н.А. Алексеева, А.В. Зеленцовой, И.С. Якиманской, С.А. Комиссаровой, А.А. Плигина, А.В. Вильковской, М.М. Балашова, М.И. Лукьяновой и др. [1–3].

Сериковым В.В. выделены три основных направления в анализе разнообразных трактовок содержания личностно-ориентированного образования, которые могут быть применены и к процессу ДПП [2]. Основные особенности таких подходов представлены в табл. 1.

Таблица 1. Основные направления в анализе трактовок содержания личностно-ориентированного образования

| Наименование направления | Содержание направления |
|--------------------------|---|
| Общегуманистическое | Основано на уважении прав и достоинства возрастного обучающегося в ходе выбора им индивидуального маршрута дополнительного обучения, содержания вновь формируемых профессиональных компетенций, индивидуального учебного плана, формы обучения (очная, очно-заочная, дистанционная и др.) |
| Воспитательное | Целеполагание процесса ДПП и содержание ее программы основаны на стремлении, прежде всего, воспитать определенные личностные качества обучающегося |
| Саморазвивающее | Личностно-ориентированный подход к организации ДПП предполагает формирование определенной образовательной системы, которая смогла бы интенсифицировать и даже в случае необходимости запустить механизм саморазвития личности обучающегося |

В основе модели личностно-ориентированного обучения, которую разработал В.В. Сериков, лежат идеи, сформулированные С.Л. Рубинштейном, которые предполагают, что содержание сущности личности обучающегося субъекта может проявиться через ее способность занять детерминированную позицию к содержанию обучения и организации этого процесса. Важна высказанная при этом мысль, что процесс личностно-ориентированного обучения представляет собой не только процесс формирования личности обучающегося с заранее заданными свойствами, а требует создания необходимых условий для их полноценной реализации и необходимого развития личностных качеств обучающихся [4].

Существенным условием применения личностно-ориентированной модели ДПП возрастных обучающихся и естественными условиями использования личностных качеств обучающихся в процессе дополнительной и профессиональной подготовки является формирование личностно-детерминированных или личностно-направленных ситуаций, прежде всего, учебно-познавательных и служебно-профессиональных. Существует лишь один путь реализации личностных принципов в дополнительном обучении – сделать процесс дополнительного обучения областью самоутверждения личности обучающегося. Личностно-детерминированная ситуация должна актуализировать потенциал саморазвития личности обучающегося [2, 5].

Личностно-детерминированную педагогическую ситуацию можно рассматривать как ключевое понятие, на котором базируется концепция В.В. Серикова. Личностно-детерминированная ситуация является особым педагогическим механизмом, который может поставить обучающегося в такие условия, которые трансформируют традиционный ход его служебной деятельности, и требуют от сотрудника новой модели формирования новых профессиональных компетенций, что сопровождается рефлексией, осмыслением, переосмыслением существующей ситуации.

Анализируя процесс создания личностно-детерминированных ситуаций, следует отметить, что главным инструментарием, способствующим успешному применению личностно-ориентированной модели в процессе ДПП, становится персональный опыт возрастного обучающегося, то есть воспринимаемый обучающимся имеющийся опыт реакции на служебные ситуации, который требует применения индивидуального потенциала личности, его проявления в ходе процесса дополнительной профессиональной подготовки. Ощущать себя личностью – это не зависеть от служебной ситуации, желать к ее трансформации и осуществлять ее в ходе формирования новых профессиональных компетенций. Применение личного опыта возрастным обучающимся эффективно действует на содержание мотивации к приобретению новых профессиональных компетенций в ходе дополнительной профессиональной подготовки, так как мотивация и личностная позиция обучающихся определят глубину и прочность формируемых у него новых профессиональных компетенций [6].

Процесс формирования личности культурно развитого специалиста в процессе ДПП возможен, в том числе, и в ходе применения культурно-наполненного индивидуально-личностного подхода, который базируется на положении, что личность возрастного обучающегося обладает уникальными познавательными возможностями и основной задачей педагогического процесса становится продолжение развития ее индивидуальных познавательных возможностей, то есть создание необходимых условий для дальнейшего развития ее креативно-творческого потенциала. В ходе достижения развивающих, обучающих и воспитывающих целей культурологический личностно-ориентированный процесс ДПП возрастных специалистов может рассматриваться как альтернатива и как дополнение традиционному компетентностно-ориентированному дополнительному обучению.

В исследованиях Е.В. Бондаревской [1, 7] отражено содержание концепции этого исследователя, которая включает три позиции, дающие объяснения важности личностно-ориентированной модели процесса ДПП и применения такой модели в процессе дополнительного обучения возрастных обучающихся:

Позиция 1. Личность культурно-развитого специалиста должна рассматриваться, в том числе и как предмет воспитания.

Позиция 2. Культурная среда должна рассматриваться как некое окружение, которое дает возможность роста и духовной подпитки личности обучающегося в ходе его ДПП.

Позиция 3. Процесс творчества является также способом развития возрастного обучающегося в культурной среде.

Очень интересно и достаточно убедительно проблемы применения личностно-ориентированной модели, в том числе и в дополнительном обучении возрастных обучающихся, излагает И.С. Якиманская. Ее идеи лежат в основе значительного числа используемых концепций личностно-ориентированного дополнительного обучения. Якиманская И.С. утверждает, что цель процесса личностно-ориентированной ДПП содержит необходимые условия для полного раскрытия и дальнейшего направленного развития личностных характеристик обучающегося. При этом личностно-ориентированная модель ДПП предполагает поставить на первую позицию как главную ценность возможность раскрытия индивидуальности каждого возрастного обучающегося через формирование новых профессиональных компетенций как самодостаточную и личностно-значимую для обучающегося деятельность [3, 8].

Оценивая возможность практического применения субъектно-личностного подхода в процессе ДПП, И.С. Якиманской и некоторыми другими исследователями выдвинуто понятие

«способ учебной работы», имея в виду трактовку такого понятия в виде пути дальнейшего формирования познавательных способностей обучающихся. Способ учебной работы может быть определен как процесс индивидуального обучения, в том числе и дополнительного, которое содержит в себе мотивационный и операционный компоненты формирования новых профессиональных компетенций, которые характеризуют персональные возможности обучающегося к изучению учебного материала разнообразного научно-технического содержания, различных видов и форм. Именно способ учебной работы может определять процесс ДПП, в ходе которого формируются новые профессиональные компетенции, а, значит, используется накопленный обучающимся специалистом профессиональный опыт. При этом нельзя отождествлять содержание таких понятий, как «прием учебной работы» и «способ учебной работы». Это обусловлено тем, что прием учебной работы входит в содержание формируемых профессиональных компетенций, описывается в нормативно-технической документации, учебной и научно-технической литературе, объясняется преподавателем и руководителем комплектующего подразделения, закрепляется в ходе служебной подготовки и практической работы на объектах народного хозяйства. В свою очередь, способ учебной работы возрастной обучающийся вырабатывает самостоятельно в ходе процесса формирования новых профессиональных компетенций по мере своего взаимодействия с коллегами по работе, руководством комплектующего подразделения на основе разработанного преподавателем учебно-методического материала [9, 10].

Таким образом, решающим условием, необходимым для эффективного применения личностно-ориентированного подхода в процессе ДПП, может быть опора на профессионального опыта возрастного обучающегося для самостоятельной выбора им способа учебной работы, необходимого для формирования новых профессиональных компетенций, реализации имеющегося профессионального опыта, и продолжения личностного развития. Эти положения лежат в основе педагогической концепции личностно-ориентированного дополнительного обучения А.А. Плигина.

Следуя этой концепции, личностно-ориентированное дополнительное обучение понимается как определенный тип процесса ДПП специалистов, в котором:

- личность возрастного обучающегося и личность преподавателя (руководителя процесса служебной подготовки) являются субъектами этого процесса;
- целью ДПП является не только формирование новых профессиональных компетенций, но также и развитие личности обучающегося специалиста, поддержка;
- в процессе ДПП происходит учет уже существующих ценностных ориентаций возрастного обучающегося и структуры его убеждений, на базе которых происходит коррекция внутренней модели его мировосприятия;
- процессы формирования новых профессиональных компетенций и личностного развития взаимно согласуются с учетом особенностей механизмов познания, специфике мыслительных и поведенческих стратегий возрастных обучающихся, а взаимоотношения преподаватель-обучающийся специалист строятся с использованием принципов сотрудничества вуз – комплектующее подразделение и свободы в выборе способа учебной работы.

Интересную концепцию предложил Д.А. Белухин, содержание которой корреспондирует с концепциями других исследователей, прежде всего, В.В. Серикова, Е.В. Бондаревской, изучающих проблему организации личностно-ориентированного обучения, в том числе и дополнительного обучения возрастных обучающихся. Исследователь пришел к выводу, что в современной личностно-ориентированной педагогике главный приоритет отдается развитию персонального отношения к окружающему миру, к профессиональной работе, к достижениям в личностном развитии, что предполагает проявление не только активности и самостоятельности, но обязательный субъективный компонент подобной активности и самостоятельности, особенно в процессе ДПП в ходе ее дистанционного (заочного) этапа. Если субъектная педагогика требует от обучающегося быть эффективным передаточным звеном идей своего преподавателя-учителя, то в личностная педагогика делает его творцом и создателем своих личностных качеств

и результатов собственной деятельности по формированию новых профессиональных компетенций [1, 4, 11].

В основе предлагаемой концепции Д.А. Белухиным положено применение принципа событийности, в котором выдвижение понятия «событие процесса обучения» имеет значение «совместный процесс бытия» в части тождественности понятия «процесса личностно-направленного обучения». При этом под «событием процесса обучения» понимается совместная работа преподавателя и обучающегося в ситуации процесса познания. Эти концептуальные положения представлены в табл. 2.

Таблица 2. Концептуальные положения личностно-ориентированной ДПП возрастных обучающихся

| Концептуальное положение | Содержание концептуального положения |
|---------------------------------------|---|
| Поддержка самобытности обучающегося | Главное содержание – поддержка самобытности и самоценности личности обучающегося сотрудника, альтернативность традиционному процессу ДПП, ориентированной на формирование новых профессиональных компетенций, определенных социальным заказом комплектующих подразделений |
| Включение личностных функций | Включение личностных функций как проявлений, реализующих заказ комплектующих подразделений на формирование личности сотрудника, в процесс ДПП |
| Стандартизация средств обучения | Стандартизируется не только цель процесса ДПП, но и средства достижения этой цели |
| Учет личностного развития обучающихся | В состав критериев эффективности организации процесса ДПП специалистов включаются параметры их личностного развития |
| Активизация личностных функций | В процессе ДПП создаются условия, необходимые для активизации личностных функций на базе существующего профессионального опыта обучающегося сотрудника |
| Создание учебных ситуаций | За основу понимания и проектирования процесса ДПП принимается создание учебной ситуации, которая позволяет решать задачи формирования новых профессиональных компетенций и в которую включается обучающийся сотрудник как субъект учебной деятельности |

Итак, проведенный анализ позволяет сделать вывод, что в современной педагогике сложилось несколько подходов к формированию концепции личностно-ориентированной ДПП. Содержание этих подходов обобщено в табл. 3.

Таблица 3. Характеристики подходов к личностно-ориентированной ДПП

| Подход | Автор | Принцип | Центральные понятия |
|------------------------------|-------------------|---------------------------------|---|
| Личностно-ориентированный | Сериков В.В. | Ситуационный | Субъект, личностный опыт, педагогическая ситуация |
| Личностно-культурологический | Бондаревская Е.В. | Культурообразность | Человек культуры, культурологический индивидуально-личностный подход |
| Субъектно-личностный | Якиманская И.С. | Раскрытие индивидуальности | Субъектный опыт, способ учебной работы |
| Личностно-ориентированный | Плигин А.А. | Сотрудничество и свобода выбора | Свобода выбора, субъектный опыт |
| Личностно-ориентированный | Алексеев Н.А. | Событийность | Субъектная активность, субъектная самостоятельность, событие обучения |

Представленные в табл. 3, концепции имеют определенную перспективу, а практическое применение этих подходов эффективно, но максимально актуальными в процессе ДПП сотрудников ГПН представляется применение субъектно-личностного подхода в соответствии с концепцией И.С. Якиманской и личностно-ориентированного подхода в соответствии с концепцией В.В. Серикова, основные положения которых не только имеют существенные противоречия, а, наоборот, требуют взаимного дополнения. Реализация этих подходов в процессе ДПП сотрудников ГПН:

- позволяет ориентировать процесс ДПП сотрудников ГПН преимущественно на формируемые личностные ценности, а не на итоговые цели процесса;
- создает условия для формирования индивидуальных образовательных траекторий процесса ДПП сотрудников ГПН, которые способствуют созданию и поддержке развивающих интересов и познавательных способностей, личностно-значимых ценностей и нравственных установок;
- предполагает основную ориентацию процесса ДПП не только на формирование новых профессиональных компетенций, но и на гармоничное развитие личности обучающегося сотрудника, а не отдельных качеств его личности;
- подразумевает отношение в процессе ДПП к каждому сотруднику ГПН как к уникальной личности, несхожей и неповторимой.

Литература

1. Бондаревская Е.В. Личностно ориентированное образование: опыт разработки парадигмы. Ростов н./Д., 1997. С. 128.
2. Сериков В.В. Личностно-ориентированное образование // Педагогика. 1994. № 5. С. 16.
3. Якиманская И.С. Технология личностно-ориентированного образования. М.: Сентябрь, 2000.
4. Сериков В.В. Образование и личность: Теория и практика проектирования пед. систем. М.: Логос, 1999. 272 с.
5. Молодцова Т.В. Личностный подход в образовании // Северная Двина. 2002. № 1. С. 4.
6. Олпорт Г. Становление личности. Избранные труды. М.: Смысл, 2002. 462 с.
7. Бондаревская Е.В. Гуманистическая парадигма личностно-ориентированного образования // Педагогика. 1997. № 4. С. 11–17.
8. Якиманская И.С. Принцип активности в педагогической психологии // Вопр. психол. 1989. № 6.
9. Громкова М.Т. Психология и педагогика профессиональной деятельности. М.: Юнити, 2003.
10. Калмыкова З.И. Обучаемость и принцип построения методики ее диагностики // Проблемы диагностики умственного развития учащихся. 1975.
11. Белухин Д.А. Основы личностно-ориентированной педагогики: Курс лекций. М.: Ин-т практ. психол.; Воронеж: НПО «МОДЭК», 1996. Ч. 1. 318 с.

О ВОЗМОЖНЫХ СХЕМАХ ПРОВЕДЕНИЯ НАТУРНО-ВИРТУАЛЬНОГО И ВИРТУАЛЬНО-НАТУРНОГО ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

А.А. Кузьмин, кандидат педагогических наук, доцент;

Н.Н. Романов, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Предлагаются последовательная и параллельная схемы натурно-виртуального и виртуально-натурного лабораторных экспериментов. Анализируются достоинства и недостатки предлагаемых схем, а также возможные ограничения в их применении.

Ключевые слова: натурный лабораторный эксперимент, виртуальный эксперимент, натурно-виртуальный лабораторный эксперимент, виртуально-натурный лабораторный эксперимент, параллельная схема, последовательная схема

ON THE POSSIBLE SCHEMES OF NATURAL-VIRTUAL AND VIRTUAL-NATURAL LABORATORY EXPERIMENTS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov.

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

The article offers consistent and parallel schemes of natural-virtual and virtual-natural laboratory experiments. We analyzed advantages and disadvantages of proposed schemes, as well as restrictions on their application.

Keywords: natural laboratory experiments, virtual experiments, natural-virtual laboratory experiment, virtual-natural laboratory experiment, parallel scheme, consistent scheme

Результаты социологических и психолого-педагогических исследований дают основания считать, что человек, который реализовал себя и свой творческий потенциал является бескомплексной личностью. Такое свойство может считаться необходимым условием становления современного специалиста. Вектор направления, по всей видимости, определяется выполнением трех условий: раскрытия индивидуальных возможностей, их развития и возможности их реализации.

Необходимость выполнения этих условий особо возрастает в процессе тотальной компьютеризации и глобальной информатизации учебного процесса, которые предоставляют обучающемуся в техническом вузе невозможные ранее средства усиления его интеллектуальных возможностей, средства, которые обеспечивают при этом интенсификацию процессов интеллектуального развития обучающихся. Так, применение возможностей существующих информационных технологий в ходе проведения натурных лабораторных экспериментов и трансформации их в натурно-виртуальные дает возможность:

- инициации процессов формирования определенных типов мышления (наглядно-образного, теоретического и др.);
- интенсификации процесса развития памяти, внимания, наблюдательности;
- формирования лидерских качеств у обучающихся, которые будут способствовать их будущей руководящей и организационной деятельности [1].

Однако нет сомнений, что, какими бы перспективными ни были предлагаемые средства, каким бы уникальным потенциалом эти средства ни обладали, главным является

принцип «не навреди». Поэтому надо особое внимание уделить возможным отрицательным последствиям применения таких средств в учебном процессе, прежде всего, персональных компьютеров (ПК). К возможным отрицательным последствиям применения информационных технологий при проведении натурно-виртуальных лабораторных экспериментов можно отнести:

- потенциальный ущерб здоровью обучающегося (например, при длительной и бесконтрольной работе за ПК, когда виртуальный этап превалирует над натурным);
- недостаточная педагогическая мотивация их применения (например, отход от принципов дидактики, применение средств исключительно ради самого факта его использования, доминирование игровой составляющей над учебной), которая не приводит к положительным результатам в сфере развития личностных качеств обучающихся или интенсификации учебного процесса [2].

Первое последствие можно купировать безоговорочным соблюдением ограничений (например, продолжительностью применения ПК в ходе лабораторного эксперимента, определяемое гигиенистами, психологами и педагогами). Так, например, применение требований методических рекомендаций по оборудованию стандартного кабинета информатики в работе учебной лаборатории дает возможность:

- соблюсти педагогические и гигиенические требования к оборудованию учебной лаборатории в части планировки и размещения в ней рабочих мест, на которых будет проводиться учебный лабораторный эксперимент;
- организовать учебную деятельность по проведению виртуальных и натурных учебных лабораторных экспериментов;
- обеспечить учебную работу в индивидуальной, групповой и коллективной форме со средствами информационных технологий для обработки результатов натурного учебного лабораторного эксперимента [3].

Разумное следование подобным рекомендациям соответствует принципу «не навреди», при этом реализуются педагогические цели проведения натурно-виртуальных лабораторных экспериментов на основе применения современных информационных технологий. Другие возможные издержки заключаются в бессистемном, дидактически необоснованном применении современных информационных технологий в ходе выполнения виртуального эксперимента и обработки результатов натурного эксперимента. Таким примером может быть ориентирование программных средств на формы квазигровой деятельности обучающихся, которые сводят их работу с ПК к бездумному выполнению некоего набора команд в ходе автоматического нажатия клавиш. Такая деятельность не может способствовать освоению учебного материала, при этом у обучающегося может развиться азарт, переходящий в «компьютероманию».

Можно выделить три основные стадии учебного лабораторного эксперимента: наблюдение, измерение, интерпретация. Наиболее распространенные концепции натурно-виртуального учебного лабораторного эксперимента требуют реализации этих стадий и должны поддерживаться соответствующим методическим обеспечением, которое адаптируется к конкретным условиям и использует современные достижения естественных и технических наук в ходе интерпретации полученных результатов. Для этого определяются главные направления активной деятельности обучающегося, конструируются необходимые управляющие элементы интерфейса программного обеспечения и разрабатываются интерактивные варианты методической поддержки. В рамках такой методики обучающийся имеет возможность активации той или иной процедуры через нажатие соответствующей кнопки управления виртуальной лабораторной установкой, производит наблюдение за результатами своих действий, отображения на дисплее результатов измерений и их программной обработки.

Процесс измерения должен быть максимально приближен к работе с реальными измерительными приборами (цифровыми и стрелочными). Достаточно простые программные решения могут трансформировать ПК в цифровой осциллограф.

Преимуществом анализируемой концепции может считаться и то, что материалы можно разместить в интернете, и это позволит их постоянно совершенствовать, обновлять и использовать в режиме удаленного доступа. Такие материалы можно положить в основу лекций с продолжением на лабораторных занятиях. Такие занятия (как один из возможных вариантов) можно организовать после изложения теоретического материала и предусмотреть решение соответствующих теоретических заданий, а также компьютерную симуляцию будущего натурного эксперимента. Затем, преподаватель может перейти к демонстрационному опыту или сослаться на соответствующий сайт, а после предложить обучающимся выполнить натурный эксперимент. Возможен также вариант, когда обучающийся проводит дистанционный эксперимент в режиме on line, при этом уровень доступа к различным опциям зависит от ответов на контрольные вопросы.

Анализируя варианты организации лабораторного эксперимента можно остановится на трех вариантах возможной структуры:

- параллельный натурно-виртуальный лабораторный эксперимент;
- последовательный натурно-виртуальный лабораторный эксперимент;
- последовательный виртуально-натурный лабораторный эксперимент.

Общим в методике проведения подобных занятий являются этапы, связанные с проведение предлабораторного коллоквиума на начальной стадии занятия и защиты отчета по результатам эксперимента на его конечной стадии.

При организации параллельного натурно-виртуального лабораторного эксперимента после проведения предлабораторного коллоквиума преподаватель выдает задания на его виртуальный и натурный этапы. Задания на натурный и виртуальный этапы лабораторного эксперимента предусматривают обобщение полученных результатов. По завершению этих этапов обучающиеся обрабатывают полученные результаты экспериментов, используя также и современную вычислительную технику, и защищают результаты этой обработки. Требования к содержанию отчетов и методика защиты может зависеть от результатов прохождения предлабораторного коллоквиума. Последовательность выполнения натурного и виртуального этапов обучающиеся определяют самостоятельно.

Достоинством схемы проведения параллельного натурно-виртуального лабораторного эксперимента является возможность сравнивать результаты натурных измерений и результатов виртуального моделирования. Кроме того, существует потенциальная возможность расширять область натурных измерений на параметры, которые невозможно обеспечить в условиях учебной лаборатории (рис. 1).

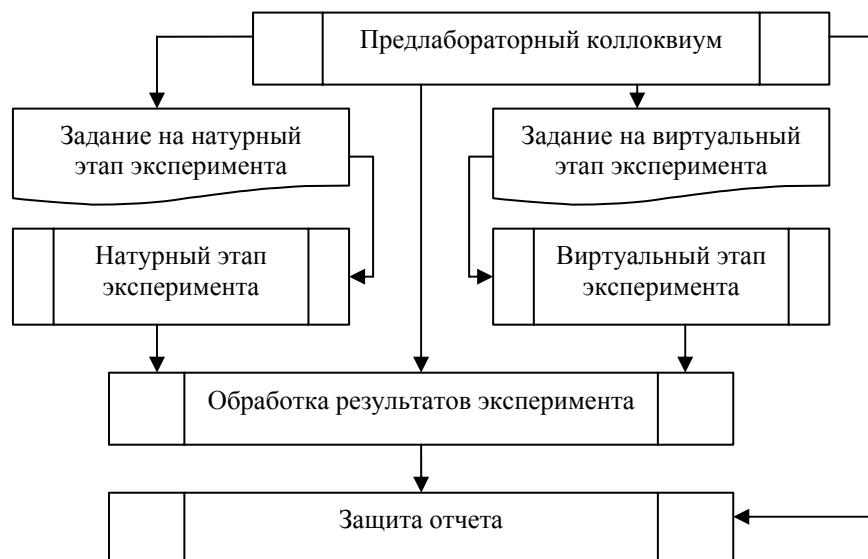


Рис. 1. Схема проведения параллельного натурно-виртуального лабораторного эксперимента

При организации последовательного натурно-виртуального лабораторного эксперимента после проведения предлабораторного коллоквиума, оценивающего степень готовности обучающихся к проведению лабораторного эксперимента, преподаватель выдает задания на его натурный этап. После обработки результатов проведенных обучающимся измерений на основании полученной информации определяется задание на виртуальный этап. После выполнения моделирования результаты моделирования обобщаются и ложатся в основу выводов отчета по выполнению лабораторного эксперимента. Требования к содержанию отчетов и методика защиты может зависеть от результатов прохождения предлабораторного коллоквиума. Последовательность выполнения натурного и виртуального этапов фиксирована. Сначала натурный этап лабораторного эксперимента, затем виртуальный (рис. 2).



Рис. 2. Схема проведения последовательного натурно-виртуального лабораторного эксперимента

Преимуществом использования схемы последовательного натурно-виртуального лабораторного эксперимента может быть возможность расширения границ условий проведения натурного эксперимента и получения новой информации о процессах при проведении виртуальной части эксперимента.

При организации последовательного виртуально-натурного лабораторного эксперимента после проведения предлабораторного коллоквиума, оценивающего степень готовности обучающихся к проведению лабораторного эксперимента, преподаватель выдает задания на его виртуальный этап. После обработки результатов проведенных обучающимся измерений на основании полученной информации определяется задание на натурный этап. После выполнения натурных измерений эти результаты обобщаются и ложатся в основу выводов отчета по выполнению лабораторного эксперимента. Требования к содержанию отчетов и методика защиты может зависеть от результатов прохождения предлабораторного коллоквиума. Последовательность выполнения виртуального и натурного этапов фиксирована. Сначала виртуальный этап лабораторного эксперимента, затем натурный (рис. 3).



Рис. 3. Схема проведения последовательного виртуально-натурного лабораторного эксперимента

Преимуществом использования схемы последовательного виртуально-натурного лабораторного эксперимента может быть возможность выдвижения гипотезы по результатам его виртуального этапа и подтверждения или опровержения выдвинутой гипотезы в ходе его натурного этапа.

Таким образом, выбор той или иной схемы проведения натурно-виртуального лабораторного эксперимента в значительной степени зависит от особенностей его натурального этапа.

Литература

1. Андреев А.А., Солдаткин В.И. Прикладная философия открытого образования: педагогический аспект. М.: МГОУ, 2002. 168 с.
2. Бакушин А.А. Инновационные процессы в технологиях обучения. М.: Гардарики, 2005. 288 с.
3. Ершов А.Я. Сценарии и методики проведения исследовательских лабораторных работ по методам оптимизации: тезисы докладов юбилейного смотра-конкурса научных, конструкторских и технологических работ студентов ВолгГТУ. Волгоград, 2000.

О ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЯХ НЕКОТОРЫХ СУБЪЕКТОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

А.Д. Ищенко, кандидат технических наук, доцент.

Академия ГПС МЧС России.

**А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор,
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена динамика численности населения основных субъектов Российской Федерации в начале XXI в. Проведено сравнение различных субъектов по темпам изменения

численности населения. Сделан вывод о возможности использования выявленных тенденций для составления «портретов» регионов в части защищенности их жителей от пожаров и чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: демография, регионы, пожарная безопасность

ON THE DEMOGRAPHIC CHARACTERISTICS OF SOME SUBJECTS OF THE RUSSIAN FEDERATION

A.D. Ishchenko. Academy of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.A. Tarantsev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The dynamics of population of the main subjects of the Russian Federation at the beginning of the XXI century. A comparison of the various actors in the rate of population change. The conclusion about the possibility of using the identified trends to produce «portraits» of the regions in terms of security of their residents from fires and emergencies.

Keywords: demographics, regions, fire safety

Современные особенности развития субъектов Российской Федерации характеризуются интенсивными демографическими процессами. Они особенно активизировались с конца XX в., когда СССР распался на несколько самостоятельных государств. Профессором В.И. Евдокимовым [1] собраны и проанализированы сведения об изменении численности населения городов, областей и федеральных округов (ФО) России к началу XXI в., за десятилетие с 2004 по 2013 гг. (табл. 1).

Таблица 1. Демографическая динамика субъектов РФ (численность населения в тыс. чел.)

| Город, область, регион | Годы | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 |
| Москва | 10391 | 10407 | 10924 | 11091 | 11187 | 11282 | 11382 | 11541 | 11613 | 12044 |
| Московская обл. | 6622 | 6630 | 6784 | 6847 | 6895 | 6958 | 7024 | 7106 | 7199 | 7091 |
| Санкт-Петербург | 4624 | 4600 | 4713 | 4748 | 4765 | 4799 | 4833 | 4899 | 4953 | 5080 |
| Ленинградская обл. | 1660 | 1653 | 1685 | 1691 | 1693 | 1699 | 1705 | 1719 | 1734 | 1758 |
| Карелия | 709 | 703 | 676 | 665 | 659 | 654 | 649 | 643 | 640 | 636 |
| Коми | 1005 | 996 | 963 | 945 | 935 | 922 | 912 | 899 | 890 | 876 |
| Архангельская обл. | 1276 | 1263 | 1240 | 1225 | 1215 | 1204 | 1195 | 1183 | 1171 | 1154 |
| Вологодская обл. | 1255 | 1245 | 1235 | 1226 | 1220 | 1214 | 1208 | 1201 | 1198 | 1195 |
| Калининградская обл. | 950 | 945 | 936 | 934 | 935 | 937 | 938 | 942 | 947 | 959 |
| Мурманская обл. | 880 | 873 | 839 | 824 | 815 | 806 | 800 | 794 | 788 | 776 |
| Новгородская обл. | 683 | 674 | 666 | 657 | 652 | 645 | 640 | 633 | 630 | 624 |
| Псковская обл. | 748 | 737 | 721 | 708 | 700 | 690 | 682 | 671 | 667 | 659 |
| Ненецкий АО | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 42 | 43 |
| Дальневосточный ФО | 6634 | 6593 | 6460 | 6398 | 6369 | 6339 | 6320 | 6285 | 6266 | 6239 |
| Сибирский ФО | 19901 | 19794 | 19495 | 19361 | 19303 | 19282 | 19267 | 19252 | 19261 | 19286 |
| Уральский ФО | 12316 | 12279 | 12129 | 12081 | 12074 | 12076 | 12087 | 12087 | 12143 | 12216 |
| Приволжский ФО | 30902 | 30710 | 30453 | 30264 | 30147 | 30053 | 29993 | 29880 | 29811 | 29756 |
| Северо-Западный ФО | 13832 | 13731 | 13716 | 13665 | 13631 | 13612 | 13604 | 13626 | 13660 | 13759 |
| Центральный ФО | 37733 | 37548 | 38109 | 38183 | 38210 | 38263 | 38335 | 38445 | 38538 | 38749 |
| Южный ФО | 13882 | 13822 | 13837 | 13820 | 13827 | 13845 | 13854 | 13851 | 13884 | 13937 |
| Северокавказский ФО | 8968 | 8999 | 9037 | 9091 | 9187 | 9267 | 9353 | 9439 | 9493 | 9585 |

В частности, видно, что население столицы Российской Федерации – города-героя Москвы неуклонно растет, а население большинства регионов снижается. Исключениями являются, разве что, Северная столица – Санкт-Петербург, а также Ленинградская область, Центральный и Северокавказский ФО. Причинами тому являются экономические процессы, приводящие к «перетеканию» населения, а также национальные особенности регионов.

Применительно к Северо-Западному ФО (СЗФО) данные процессы проиллюстрированы на рис. 1, где в качестве аргумента принята численность населения Москвы (N_M , млн чел.) за 204–2013 гг. как некоторого эталона, а в качестве функций – численность населения Санкт-Петербурга ($N_{СПб}$, млн чел.), Ленинградской области ($N_{ЛО}$, млн чел.), Карелии, Псковской области (ПО) и Новгородской области (НО) – $N_{СЗ}$, тыс. чел. Характерная динамика налицо – из многих областей Северо-Запада России население либо убывает ввиду смертности, либо мигрирует в Санкт-Петербург, Ленинградскую область и другие, более благополучные регионы, а в ряде случаев и за границу.

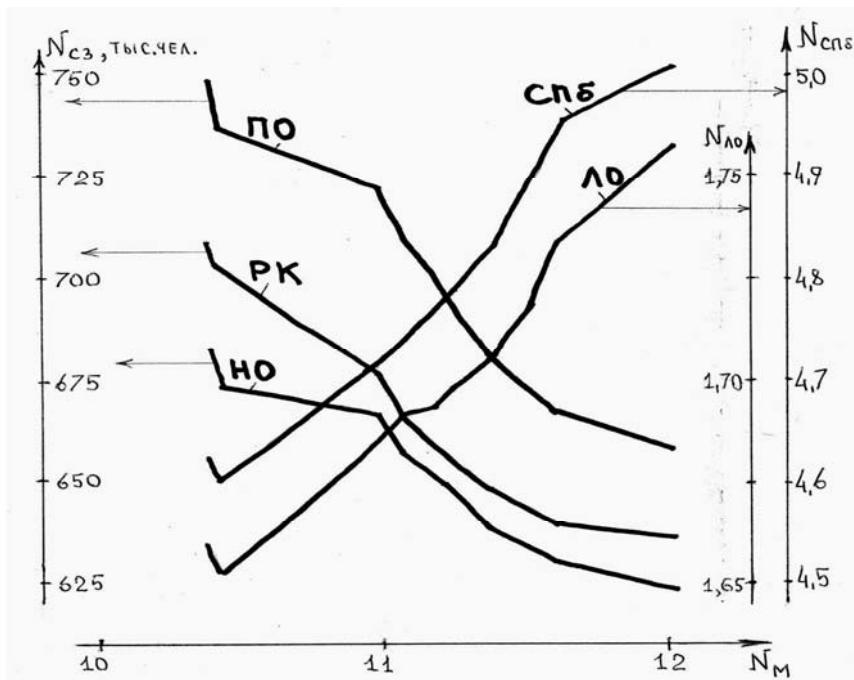


Рис. 1. Сопоставление динамики численности населения в субъектах СЗФО с 2004 по 2013 гг.
(СПб – Санкт-Петербург, ЛО – Ленинградская обл., ПО – Псковская обл.,
РК – Республика Карелия, НО – Новгородская обл.)

Однако в СЗФО России дела обстоят еще не самым плохим образом – наблюдается даже положительная динамика с 2010 г. Несколько хуже дела с демографической обстановкой в Уральском, Сибирском, Приволжском и Дальневосточном ФО. Стабилизация демографической обстановки достигнута в Южном ФО, а Центральный и Северокавказский ФО отличаются положительным ростом численности населения. Для наглядности эти процессы показаны на рис. 2, где в качестве аргумента взята численность населения Москвы по отношению к 2004 г. (K_M), а по вертикальной оси отложена относительная численность населения в ФО ($K_{ФО}$).

Анализируя данные табл. 1, можно прийти к выводу, что ежегодно, по сравнению с 2008 г., население Москвы увеличивается в среднем на 1,5 %, Санкт-Петербурга – на 0,87 %, Северокавказского ФО – на 0,77 %, Центрального ФО – на 0,25 %. А наиболее проблемным является Дальневосточный ФО – там население сокращается в среднем на 0,35 % в год. Демографическая обстановка в остальных ФО стабилизировалась, и даже имеется некоторое улучшение.

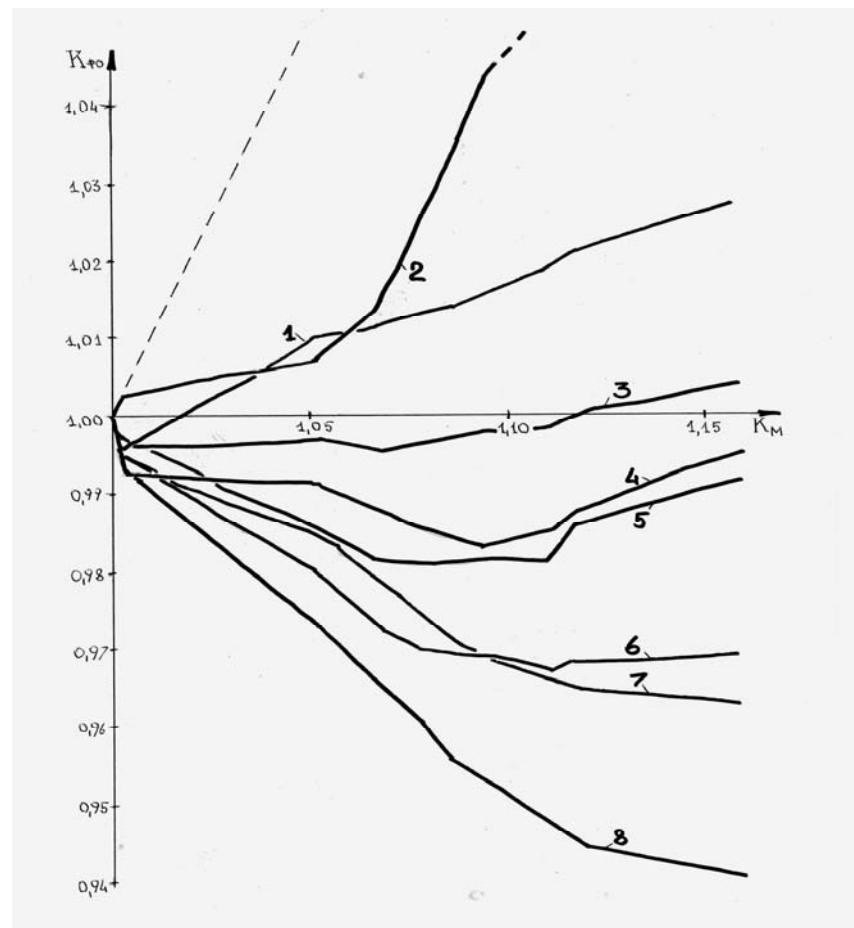


Рис. 2. Сопоставление относительной динамики численности населения в ФО:
 1 – Центральный; 2 – Северокавказский; 3 – Южный; 4 – СЗФО; 5 – Уральский;
 6 – Сибирский; 7 – Приволжский; 8 – Дальневосточный

Данная статья не ставит своей целью анализ причин сложившейся демографической ситуации, ее прогнозирование и выработку предложений по росту населения в наиболее проблемных ФО. Но нужно заметить, что предлагаемая извне политика «замещающей миграции» (то есть нас хотят замещать) не является приемлемой для России. Примером тому провал идеи «мультикультурализма» в Европе и небывалый наплыв в нее азиатских и африканских беженцев.

Исходя из интересов МЧС России в целом и пожарной охраны, в частности, в дальнейшем представляется целесообразным сопоставить демографическую обстановку в регионах Российской Федерации со статистикой происходящих там пожаров и чрезвычайных ситуаций, что позволит создать тем самым своеобразные «портреты» регионов и выявить факторы, влияющие на безопасность их жителей.

Литература

1. Евдокимов В.И. Анализ рисков в чрезвычайных ситуациях в России в 2004–2013 гг.: монография / ВЦЭРМ МЧС России. СПб.: Политехника-Сервис, 2015. 94 с.

ФРАКТАЛЫ И ЗАЩИТА ИНФОРМАЦИИ

А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент;

А.В. Ильин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены возможности использования теории фракталов для защиты информации. Приведены основные особенности классических фракталов и возможности фрактального подхода для кодирования информации и создания фрактальных систем связи.

Ключевые слова: фрактал, самоподобие, кодирование информации, моделирование

FRACTALS AND INFORMATION PROTECTION

A.Yu. Labinskiy; A.V. Ilyin.

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

This article presents the special feature of fractals theory for information protection. Presents the possibility of the classical fractals for information encode and development the fractals connection systems.

Keywords: fractal, self-similarity, information encode, modelling

Деятельность органов управления МЧС России происходит в сложной обстановке воздействия различных факторов. При этом особую важность приобретают вопросы защиты информации. Сфера высоких технологий не оставляет без внимания это направление обеспечения устойчивого функционирования современных систем управления. Современный подход к решению вопросов защиты информации заключается в использовании фрактальной концепции, которая заняла прочное место во многих областях естествознания, но только в последнее время она стала очевидной для актуальных задач защиты информации и создании защищенных систем связи. В основе такого применения теории фракталов лежат принципиально новые методы фрактального разбиения и геометрического кодирования информации, а также использования в качестве носителей информации помехозащищенных сигналов с фрактальными спектрами.

Фракталы. Основные понятия

Многие природные системы настолько сложны и нерегулярны, что использование известных объектов классической геометрии для их моделирования представляется безнадежным. Это такие объекты, как, например, модель горного хребта или крона дерева. Часто наблюдается в природе бесконечное повторение одного и того же узора, увеличенного или уменьшенного во много раз. Это относится как к структуре горного хребта, так и к кроне дерева. Так проявляется характерное для фракталов свойство самоподобия.

Шведский ученый Бенуа Мандельброт в 1975 г. ввел в употребление термин «фрактал», основываясь на теории фрактальной (дробной) размерности немецкого ученого Ф. Хаусдорфа, предложенной в 1919 г.

Рассмотрим так называемые «классические фракталы» [1]. Разделим отрезок прямой на N равных частей. Тогда каждую часть можно считать копией всего отрезка, уменьшенной в $1/R$ раз. Очевидно, что данные модели N и R связаны соотношением: $N \cdot R = 1$. Если квадрат разбить на N квадратов с площадью, в $1/R^2$ раз меньше исходной, то соотношение между N и R будет иметь вид: $N \cdot R^2 = 1$. Если куб разбить на N равных объемов, в $1/R^3$ раз меньше исходного объема, то соотношение между N и R будет иметь вид: $N \cdot R^3 = 1$. Здесь R – коэффициент подобия.

Размерность подобия D объекта во всех рассмотренных выше случаях появляется как степень числа R , а именно: $N^*R^D=1$. В этих случаях размерность D является целым числом. Если размерность D является не целой, а дробной (фрактальной), то получаемое множество объектов называют самоподобным фракталом.

Величину фрактальной (дробной) размерности можно найти из выражения: $D=\log(N)/\log(1/R)$. Здесь логарифм может быть по любому положительному основанию, отличному от единицы (десятичный, натуральный и т.п.).

Более общий тип самоподобных фракталов является объединением непересекающихся подмножеств, полученных масштабированием оригинала, но коэффициенты подобия уже не обязательно одни и те же для всех подмножеств.

1. Снежинка Г. Коха.

Граница снежинки, придуманной Г. Кохом в 1904 г., описывается кривой, составленной из трех одинаковых фракталов размерности:

$$N=4, R=1/3, D=\log(4)/\log(3) \approx 1,2618.$$

Каждая треть снежинки строится итеративно, начиная с одной из сторон равностороннего треугольника (рис. 1).

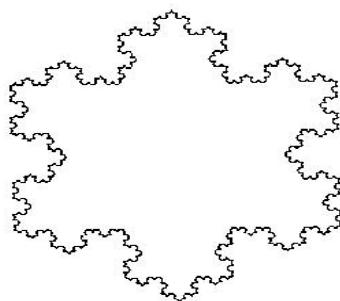


Рис. 1

2. Ковер В. Серпинского.

Еще один пример простого самоподобного фрактала – ковер В. Серпинского (польский математик Вацлав Серпинский, 1915 г.). Ковер представляет собой объединение $N=3$ существенно непересекающихся уменьшенных в два раза копий. Коэффициент подобия $R=1/2$, размерность фрактала $D=\log(3)/\log(2) \approx 1,585$. Суммарная площадь треугольных частей, выкинутых при построении, в точности равна площади исходного треугольника (рис. 2).

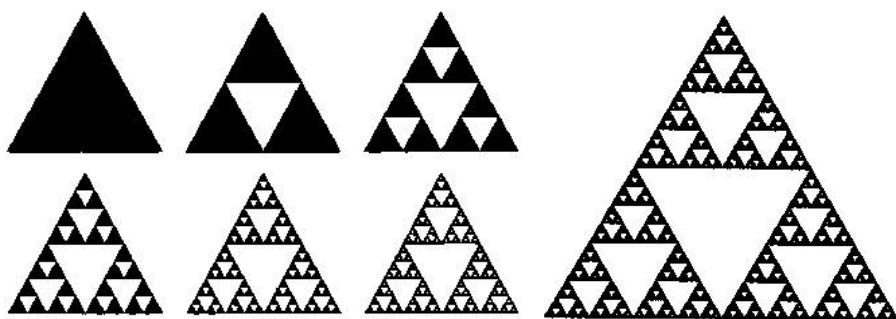


Рис. 2

3. Губка К. Менгера (рис. 3).

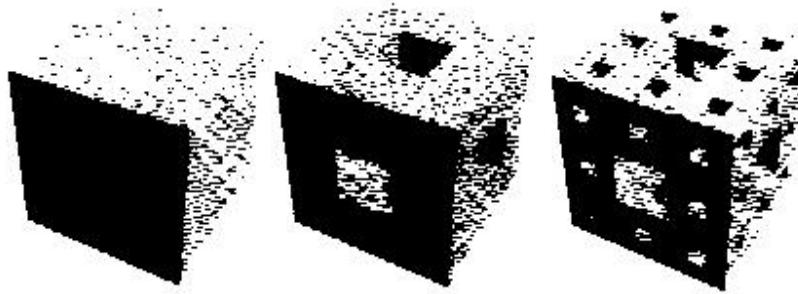


Рис. 3

Пример трехмерного аналога ковров, называемых губками, является губкой немецкого математика Карла Менгера. Это самоподобный фрактал с $N=20$ и $R=1/3$. Его размерность равна: $D=\log(20)/\log(3) \approx 2,7268$.

Теория итерированных функций является составной частью общей теории динамических систем. Замечательным свойством алгоритмов, основанных на теории систем итерированных функций, является то, что их результат, называемый аттрактором, не зависит от выбора начального множества или начальной точки. В общем случае для построения системы итерированных функций нужно использовать совокупность сжимающих отображений вида: T_1 с коэффициентом сжатия $S_1 < 1$; T_2 с коэффициентом сжатия $S_2 < 1$; T_m с коэффициентом сжатия $S_m < 1$, действующих в n -мерном пространстве.

Таким образом, системой итерированных функций (СИФ) называют совокупность отображений вместе с итерационной схемой: E_0 – компактное произвольное множество, $E_1=T(E_0)$, $E_2=T(E_1)$, ..., $E_n=T(E_{n-1})$.

Основная задача теории СИФ – выяснить, когда СИФ порождает предельное множество E : $E=\lim_{n \rightarrow \infty} E_n$. Если предел существует, то множество E называют аттрактором СИФ, причем аттрактор часто оказывается фракタルным множеством.

Имеется два подхода к реализации СИФ: детерминированный алгоритм (ДСИФ) и рандомизированный алгоритм (РСИФ). ДСИФ требует хранения и обработки сравнительно больших массивов информации. В РСИФ нет необходимости хранить большие массивы данных в памяти, но для получения изображения приемлемого качества требуются тысячи точек (пикселов).

Процесс построения ковра В. Серпинского с использованием алгоритма ДСИФ представлен на рис. 4.

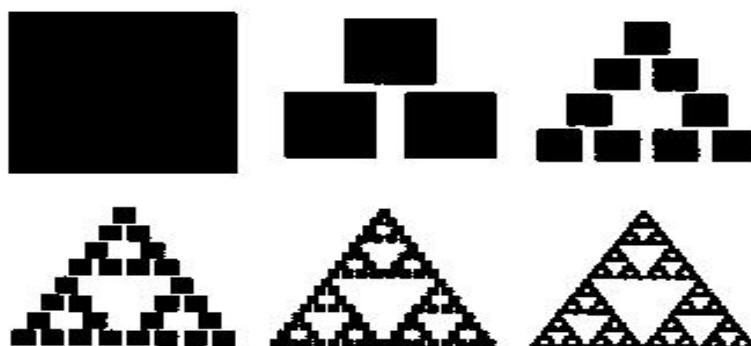


Рис. 4

Для вывода достаточно качественных фрактальных изображений необходимо создание графического окна с размерами не менее 256*256 пикселей. Когда размер изображения зафиксирован, нужно произвести преобразование мировых координат в экранные и найти эквиваленты аффинных отображений для заданного графического окна.

В процессе расчетов с использованием ДСИФ какая-либо точка изображения может выйти за пределы заданного графического окна, что может привести к аварийной остановке программы. Поэтому в процессе вычислений нужно проверять координаты новых точек изображения.

Фракталы широко используются в различных отраслях науки и техники. В физике фракталы естественным образом возникают при моделировании нелинейных процессов, таких как турбулентное течение жидкости, сложные процессы диффузии-адсорбции, пламя, облака и тому подобное. Фракталы используются при моделировании пористых материалов, например, в нефтехимии. В биологии они применяются для моделирования популяций и для описания систем внутренних органов (система кровеносных сосудов). После создания кривой Г. Коха было предложено использовать ее при вычислении протяженности береговой линии.

Радиотехника. Фрактальные антенны [2].

Использование фрактальной геометрии при проектировании антенных устройств было впервые применено американским инженером Натаном Коэном, который тогда жил в центре г. Бостона, где была запрещена установка внешних антенн на здания. Коэн Н. вырезал из алюминиевой фольги фигуру в форме кривой Г. Коха и наклеил ее на лист бумаги, затем присоединил к приемнику. Коэн Н. основал собственную компанию и наладил серийный выпуск фрактальных антенн.

Информатика. Сжатие изображений [3].

Существуют алгоритмы сжатия изображения с помощью фракталов. Они основаны на идее о том, что вместо самого изображения можно хранить сжимающее отображение, для которого это изображение (или некоторое близкое к нему) является неподвижной точкой. Один из вариантов данного алгоритма был использован фирмой Microsoft при издании своей энциклопедии, но большого распространения эти алгоритмы не получили.

Компьютерная графика [4].

Фракталы широко применяются в компьютерной графике для построения изображений природных объектов, таких как деревья, кусты, горные ландшафты, поверхности морей и так далее. Существует множество программ, служащих для генерации фрактальных изображений.

Экономика и финансы [5].

Алмазов А.А. в своей книге «Фрактальная теория. Как поменять взгляд на рынки» предложил способ использования фракталов при анализе биржевых котировок, в частности – на рынке Форекс.

Фракталы. Защита информации

Децентрализованные сети [6].

Система назначения IP-адресов в децентрализованной сети Интернет использует принцип фрактального сжатия информации для компактного сохранения информации об узлах сети. Каждый узел такой сети хранит всего 4 Кб информации о состоянии соседних узлов, при этом любой новый узел подключается к общей сети без необходимости в центральном регулировании раздачи IP-адресов, что, например, характерно для сети Интернет. Таким образом, принцип фрактального сжатия информации гарантирует полностью децентрализованную, а, следовательно, максимально устойчивую работу всей сети.

Кодирование информации [7].

Кодирование информации, основанное на выделении фракталов (самоподобных элементов). Фрактальное разбиение и геометрическое кодирование при защите конфиденциальности информации – новый подход к созданию методов шифрования информации, позволяющий создать быстродействующие аппаратные кодеры и декодеры.

Предложены методы кодирования информации в информационно-управляющих системах с применением теории фракталов, основанные на возможности использования геометрического кодирования символьной информации. Эти методы дают новый подход обеспечения конфиденциальности информации.

Фрактальные системы связи [8].

Фрактальные системы связи (ФСС) используют в качестве носителей информации помехозащищенные сигналы с фрактальными спектрами. Фрактальными являются такие сигналы, спектры которых имеют самоподобную структуру, задаваемую множеством Г. Кантора.

Разработанная система предназначена для передачи информации как по кабельным линиям с помощью фрактальных видеосигналов, так и по эфиру, с использованием несущей частоты, промодулированной сигналами с фрактальными спектрами различных видов. Разработаны передатчик (генератор), приемник и антенное оборудование, предназначенные для использования в ФСС.

Становление теории фракталов – яркий пример развития нового направления науки, основанного как на достижениях в абстрактной области математики, так и на прикладных исследованиях в различных областях, в том числе в области защиты информации. Новые идеи и методы позволяют использовать в целях защиты информации такие новые системы и технологии, как децентрализованные сети с фрактальным сжатием информации, фрактальное разбиение и геометрическое кодирование информации и фрактальные системы связи.

Литература

1. Кроновер Р. Фракталы и хаос в динамических системах. М.: Техносфера, 2006.
2. Гарднер М. От мозаик Пенроуза к надежным шифрам. М.: Мир, 1993.
3. Кренкель Э.Т. Сжатие сигналов с применением теории фракталов. М.: ТУСИ, 1996.
4. Шредер М. Фракталы, хаос, степенные законы. М.: Мир, 2000.
5. Алмазов А.А. Фрактальная теория. Как поменять взгляд на рынки. М.: МФА, 2005.
6. Гуляев Ю.В., Никитов С.А., Матвеев Е.Н. Фракталы в новых средах передачи информации. М.: МФТИ, 2003.
7. Агафонов Т.Б. Защита ценной информации в компьютерных сетях // Автоматизированные системы контроля и управления. 2009. Вып. 6.
8. Болотов В.Н. Фрактальная система связи // Журнал технической физики. 2008. Вып. 9.



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Асеев Игорь Михайлович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Данилов Игорь Лолиевич – проф. каф. физико-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: il_dan@mail.ru, канд. физ.-мат. наук, доц.;

Иванов Алексей Владимирович – зам. нач. фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

Ильин Алексей Викторович – препод. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70;

Ищенко Андрей Дмитриевич – нач. учеб.-науч. комплекса Акад. ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Бориса Галушкина, д. 4), e-mail: adinko@mail.ru;

Заборский Борис Викторович – проф. каф. высш. мат. и сист. моделир. слож. процессов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: bvzaborskiy@inbox.ru, канд. техн. наук, доц.;

Карташова Анна Петровна – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: anna_kartashova@mail.ru, канд. физ.-мат. наук;

Кизунов Игорь Александрович – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Коннова Людмила Алексеевна – вед. науч. сотр. Центра орг. науч.-исслед. и ред. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р мед. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Косенко Денис Витальевич – ст. препод. каф. орг. пожаротуш. и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: kosenkodv@yandex.ru;

Кузьмин Анатолий Алексеевич – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Лабинский Александр Юрьевич – доц. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, канд. техн. наук, доц.;

Порядин С.В. – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Решетов Анатолий Петрович – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: reshetoftolya@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физ. и теплотехн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: romanov_n.n@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Сапрыкин Вадим Анатольевич – магистрант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротушения и провед. авар.-спас. работ СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: t_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Трачевская Екатерина Станиславовна – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Уткин Олег Валерьевич – зам. нач. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, e-mail: utkin_oleg@igps.ru;

ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников.

Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым впоследствии обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за более чем вековую историю подготовлено более 30 тысяч специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников университета.

Сегодня Федеральное Государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в мировое научно-образовательное пространство.

Подготовка специалистов в университете организована по очной и заочной формам обучения, а также с использованием дистанционных образовательных технологий. Проводится обучение по программам среднего общего образования, высшего образования, а также подготовка специалистов высшей квалификации: докторантов, аспирантов, аспирантов, переподготовка и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России. С 1 июля 2015 г. университет в соответствии с решением МЧС России приступил к реализации программ первоначальной подготовки специалистов для подразделений СЗРЦ МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы Чижиков Эдуард Николаевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, высшей математики, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, бюджетного учета и аудита в подразделениях МЧС России, пожарно-технические эксперты и дознаватели. Инновационными программами подготовки стало обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для Военизированных горноспасательных частей по специальностям «Горное дело», специализация «Технологическая безопасность и горноспасательное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований, позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса.

Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают 1 член-корреспондент РАН, 7 заслуженных деятелей науки РФ, 14 заслуженных работников высшей школы РФ, 1 заслуженный юрист РФ, заслуженные изобретатели РФ и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время в университете осуществляют 4 лауреата Премии Правительства РФ в области науки и техники, 64 доктора наук, 278 кандидатов наук, 62 профессора, 147 доцентов, 20 академиков отраслевых академий, 21 членов-корреспондентов отраслевых академий, 7 старших научных сотрудников, 1 заслуженный деятель науки республики Дагестан, 9 почетных работника высшего профессионального образования РФ, 1 почетный работник науки и техники РФ, 1 почетный работник высшей школы РФ и 2 почетных радиста РФ.

Почетным Президентом Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России является статс-секретарь – заместитель Министра МЧС России Артамонов Владимир Сергеевич, действительный Государственный советник I класса, доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники. Награжден почетной грамотой Президента РФ.

В период с 2002 по 2012 гг. В.С. Артамонов возглавлял Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

В состав университета входят:

- Институт развития;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета;
- Мурманский филиал университета;
- четыре факультета: пожарной безопасности, экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации, факультет дополнительного профессионального образования;
- Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Магадан, Махачкала, Полярные Зори (Мурманская область), Петрозаводск, Стрежевой (Томская область), Чехов (Московская область), Хабаровск, Сыктывкар, Бургас (Республика Болгария), Алматы (Республика Казахстан), Бар (Республика Черногория).

В университете созданы:

- административно-правовой центр;
- учебный центр;
- учебно-методический центр;
- центр организации научно-исследовательской и редакционной деятельности;
- центр информационных и коммуникационных технологий;
- центр международной деятельности и информационной политики;
- центр дистанционного обучения;
- культурно-досуговый центр;
- технопарк науки и высоких технологий.

В университете по 31 направлению подготовки (специальности) обучается около 8 000 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 000 специалистов.

Реализуется проект по созданию на базе университета комплекса специального психофизиологического оборудования для психологического обеспечения деятельности профессиональных контингентов МЧС России.

На базе университета создана мастерская лаборатории «Инновационных технологий и научно-технической продукции».

В настоящее время в университете функционирует три диссертационных совета, два по техническим наукам, один по психолого-педагогическим наукам. За 2015 г. защищено 10 кандидатских диссертаций: 4 по техническим наукам и 6 по педагогическим.

В университете осуществляется подготовка специалистов высшей квалификации, в том числе и на возмездной основе. Подготовка докторантов, аспирантов и соискателей осуществляется по 26 направлениям подготовки по 9 отраслям науки.

Деятельность Института развития Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России направлена на обеспечение условий для реализации учебного процесса университета по программам дополнительного профессионального образования и актуализацию профессиональных знаний, совершенствование деловых качеств у руководящего состава, специалистов и сотрудников МЧС России. Институт осуществляет методическое, научное сопровождение и оказание помощи в организации образовательного процесса, повышении квалификации преподавательского состава учебных центров ФПС. Институт осуществляет оказание помощи ФКУ «Арктический спасательный учебно-научный центр «Вытегра» МЧС России в организации образовательного процесса и обеспечении учебно-методической литературой.

В настоящее время университетом проводится работа по организации образовательного процесса сотрудников (персонала) диспетчерской службы системы – 112.

Для обеспечения обучения в институте развития используются тематические классы, оборудованные программными модулями, в том числе с применением дистанционных образовательных технологий.

Институт заочного и дистанционного обучения является первым институтом в системе учебных заведений МЧС России заочной формы обучения с применением технологий дистанционного обучения. Он является базовой площадкой по созданию и внедрению в МЧС России системы дистанционного обучения кадров по программам профессионального образования.

В целях повышения качества и дальнейшего развития инновационной научно-исследовательской, опытно-конструкторской и производственной инфраструктуры университета с 1 марта 2014 г. в составе Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России Приказом МЧС России от 25 октября 2013 № 683 создан научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности. Основными научными направлениями деятельности института являются: разработка новых и совершенствование существующих инструментальных методов и технических средств исследования и экспертизы пожаров; производство судебных пожарно-технических экспертиз и исследований в области экспертизы пожаров; научно-методическое руководство деятельностью судебно-экспертных учреждений Федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» в области исследования и экспертизы пожаров; применение расчетных методов в судебной пожарно-технической экспертизе; разработка нормативно-технической документации по обеспечению безопасности маломерных судов, баз, стоянок и других объектов, поднадзорных ГИМС МЧС России; разработка и внедрение нормативно-технической документации в области обеспечения пожарной безопасности водного транспорта, портовых сооружений и их инфраструктуры; сертификационные испытания, апробирование методик по стандартам ISO, EN и резолюциям IMO; разработка нормативной базы по обеспечению пожарной безопасности метрополитенов и транспортных тоннелей, а также других сложных и уникальных объектов, проведение расчетов индивидуального пожарного риска. Институт активно использует научный потенциал Санкт-Петербурга, развивая связи с ведущими вузами и НИИ города, такими как СПбГТУ, СПбТУ, ФГУП РНЦ «Прикладная химия» и др. Сотрудники института являются членами бюро Северо-Западного отделения Научного Совета при Президиуме РАН по горению и взрыву. Потребителями и заказчиками продукции института являются органы МЧС России, юридические и физические лица Северо-Западного

и других регионов России, фирмы США, Италии, Германии, Норвегии, Финляндии, Литвы и других стран.

Центр информационных и коммуникационных технологий университета обеспечивает надежную работоспособность, устойчивость и непрерывность функционирования средств автоматизации, программных и технических средств автоматизации в структурных подразделениях университета, а также доступ пользователей университета к различным информационным ресурсам в соответствии с установленным порядком; сохранность, антивирусную защиту, защиту от возможности проникновения из сети Интернет и резервного копирования информационных ресурсов университета; повышает качество образовательного процесса на основе активного освоения и распространения передового педагогического опыта с использованием стационарных и мобильных аудио- видео-компьютерных комплексов; проводит оснащение новых и модернизацию старых учебных аудиторий университета современными техническими средствами обучения; методическое обеспечение, консультацию и техническое сопровождение внедренных в подразделениях университета современных телевизионных и аудио- видео-компьютерных комплексов; создание и анализ банка данных по учебному процессу университета; осуществляет информационный обмен с банками данных других учреждений и организаций системы РСЧС.

Ежегодно в университете проводятся международные научно-практические конференции, семинары и «круглые столы» по широкому спектру теоретических и научно-прикладных проблем, в том числе по развитию системы предупреждения, ликвидации и снижения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, совершенствованию организации взаимодействия различных административных структур в условиях экстремальных ситуаций и др. Среди них: Международная научно-практическая конференция «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международный семинар «Предупреждение пожаров и организация надзорной деятельности», Международная научно-практическая конференция «Международный опыт подготовки специалистов пожарно-спасательных служб», Научно-практическая конференция «Совершенствование работы в области обеспечения безопасности людей на водных объектах при проведении поисковых и аварийно-спасательных работ», Международный конгресс «Вопросы создания и перспективы развития кадетского движения в МЧС России», межкафедральные семинары «Математическое моделирование процессов природных пожаров», «Информационное обеспечение безопасности при ЧС», «Актуальные проблемы отраслей науки», которые каждый год привлекают ведущих российских и зарубежных ученых и специалистов пожарно-спасательных подразделений.

На базе университета совместные научные конференции и совещания проводили: Правительство Ленинградской области, Федеральная служба Российской Федерации по контролю за оборотом наркотических средств и психотропных веществ, Научно-технический совет МЧС России, Высшая аттестационная комиссия Министерства образования и науки Российской Федерации, Северо-Западный региональный центр МЧС России, Международная ассоциация пожарных и спасателей (CTIF), Законодательное собрание Ленинградской области.

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами. Традиционно большим интересом пользуется стенд университета на ежегодном Международном салоне «Комплексная безопасность», Международном форуме «Охрана и безопасность» SFITEX.

Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России заключено более 16 договоров и соглашений с учреждениями о научно-техническом сотрудничестве в целях наиболее полного и эффективного использования интеллектуального и материально-технического потенциала и решения проблем, связанных с развитием сторон. Среди них: Учреждение Российской академии наук «Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН» (КНЦ СО РАН), ГОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева», ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет»,

Учреждение Российской академии наук Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» Красноярского научного центра СО РАН (СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН), Петербургский энергетический институт повышения квалификации, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, ГБУ науки «Институт динамики геосфер Российской академии наук».

Университет на протяжении нескольких лет сотрудничает с Государственным Эрмитажем в области инновационных проектов по пожарной безопасности объектов культурного наследия.

При обучении специалистов в вузе широко используется передовой отечественный и зарубежный опыт. Университет поддерживает тесные связи с образовательными, научно-исследовательскими учреждениями и структурными подразделениями пожарно-спасательного профиля Азербайджана, Белоруссии, Болгарии, Великобритании, Германии, Казахстана, Канады, Китая, Кореи, Сербии, Черногории, Словакии, США, Украины, Финляндии, Франции, Эстонии и других государств.

Вуз является членом Международной ассоциации пожарных и спасательных служб (CTIF), объединяющей более 50 стран мира.

В рамках международной деятельности университет активно сотрудничает с международными организациями в области обеспечения безопасности.

В сотрудничестве с Международной организацией гражданской обороны (МОГО) Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России были организованы и проведены семинары для иностранных специалистов (из Молдовы, Нигерии, Армении, Судана, Иордании, Бахрейна, Азербайджана, Монголии и других стран) по экспертизе пожаров и по обеспечению безопасности на нефтяных объектах, по проектированию систем пожаротушения. Кроме того, сотрудники университета принимали участие в конференциях и семинарах, проводимых МОГО на территории других стран. В настоящее время разработаны 5 программ по техносферной безопасности на английском языке для представителей Международной организации гражданской обороны.

На базе университета проводятся международные мероприятия под эгидой CTIF (КТИФ): заседание Исполнительного комитета КТИФ, рабочих групп «Женщины за безопасность», «Обучение и подготовка», конференции.

Одним из ключевых направлений работы университета является участие в научном проекте Совета государств Балтийского моря (СГБМ). Университет принимал участие в проекте 14.3, а именно в направлении С – «Макрорегиональные сценарии рисков, анализ опасностей и пробелов в законодательстве» в качестве полноценного партнера. В настоящее время идет работа по созданию нового совместного проекта в рамках СГБМ.

Большая работа ведется по привлечению к обучению иностранных граждан. Открыты представительства в четырех иностранных государствах (Болгария, Черногория, Сербия, Казахстан). В настоящее время в университете обучаются более 200 граждан из 8 иностранных государств.

Заключены соглашения о сотрудничестве более чем с 20 иностранными учебными заведениями, в том числе Высшей технической школой профессионального обучения г. Нови Сад и университетом г. Ниш (Сербия), Академией пожарной охраны г. Гамбурга (ФРГ), Колледжем пожарно-спасательной службы г. Куопио (Финляндия), Кокшетауским техническим институтом МЧС Республики Казахстан и многими другими.

В рамках научного сотрудничества с зарубежными вузами и научными центрами издается российско-сербский научно-аналитический журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности». Университетом заключен договор с Российско-сербским гуманитарным центром (г. Ниш). В сентябре 2014 г. в рамках сотрудничества в университете проведен семинар с представителями пожарно-спасательных служб Сербии по вопросам деятельности газодымозащитных служб.

В ноябре 2015 г. на базе университета впервые прошла обучение группа студентов университета Кьюнгил (Республика Корея).

В университете на основании межправительственных соглашений проводится обучение сотрудников МЧС Киргизской Республики и Республики Казахстан.

За годы существования университет подготовил более 1 000 специалистов для пожарной охраны Афганистана, Болгарии, Венгрии, Вьетнама, Гвинеи-Бисау, Кореи, Кубы, Монголии, Йемена и других зарубежных стран.

Организовано обучение студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников по программе дополнительного профессионального образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации».

Компьютерный парк университета составляет более 1 500 единиц, объединенных в локальную сеть. Компьютерные классы позволяют курсантам работать в международной компьютерной сети Интернет. С помощью сети Интернет обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса. Необходимая нормативно-правовая информация находится в базе данных компьютерных классов, обеспеченных полной версией программ «Консультант-Плюс», «Гарант», «Законодательство России», «Пожарная безопасность». Для информационного обеспечения образовательной деятельности в университете функционирует единая локальная сеть, осуществлено подключение к ведомственной сети Интранет МЧС России.

Нарастающая сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации образовательного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения.

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонд библиотеки университета составляет более 358 тыс. экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В Электронную библиотеку оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Сибирская пожарно-спасательная академия и библиотека учебно-спасательного центра «Вытегра», а также учебные центры. Так же с января 2015 г. создана и функционирует Единая ведомственная электронная библиотека, объединяющая все библиотеки вузов МЧС России. Имеется доступ к каталогам крупнейших библиотек нашей страны и мира (Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина, Российская национальная библиотека, Российская государственная библиотека, Библиотека академии наук, Библиотека Конгресса). Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде.

В фонде библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 261 экземпляр. На 2015 г., в соответствии с требованиями ГОС, выписано 130 наименований журналов и газет, из них более 50 наименований с грифом ВАК. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. Также выписываются иностранные журналы.

На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб университета.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и план издательской деятельности Министерства. Университет издает 7 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных конференций, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям

законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования. Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук».

Учебная пожарно-спасательная часть университета имеет 13 единиц современной техники, оснащенной необходимым оборудованием для доставки боевого расчета и проведения оперативных действий и спасательных работ. Обучение курсантов и слушателей на образцах самой современной специальной техники и оборудования способствует повышению профессионального уровня выпускников.

Поликлиника университета оснащена современным оборудованием, что позволяет проводить комплексное обследование и лечение сотрудников учебного заведения и учащихся.

Все слушатели и курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей с получением удостоверений и книжек спасателей. Обучение проходит на базе учебно-тренировочного комплекса Северо-Западного регионального ПСО МЧС России и Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра».

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. был создан центр по обучению кадетов. С 1 января 2015 г. Приказом МЧС России центр преобразован в Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Основные цели деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

Корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учётом специфики вуза.

Сотрудники структурных подразделений, руководство и курсанты факультета инженерно-технического, факультета экономики и права принимали участие в ликвидации последствий крупнейших природных чрезвычайных ситуаций в Краснодарском крае (г. Крымск), на Дальнем Востоке и Республике Хакасия.

В университете большое внимание уделяется спорту. Команды, состоящие из преподавателей, курсантов, кадет и слушателей, – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта.

В составе сборной команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) – неоднократные чемпионы и призеры мировых первенств, международных и российских турниров. Деятельность команды университета ППС: участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС. В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам, черлидингу и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете культурно-досуговом центре. Обучающиеся в университете принимают активное участие в играх КВН среди команд структурных подразделений МЧС России, ежегодных

профессионально-творческих конкурсах «Мисс МЧС России», «Лучший клуб», «Лучший музей», конкурсе музыкального творчества пожарных и спасателей «Мелодии Чутких Сердец».

Деятельность творческих объединений университета организует и координирует культурно-досуговый центр.

Одной из задач Центра является совершенствование нравственно-патриотического и духовно-эстетического воспитания личного состава, обеспечение строгого соблюдения дисциплины и законности, укрепление корпоративного духа сотрудников, формирования гордости за принадлежность к Министерству и Университету. Из числа курсантов и слушателей университета созданы молодежные объединения «Выбор» и «Наше время», которые осуществляют работу по нравственно-патриотическому и историко-патриотическому направлениям, организовывают волонтерскую работу, а также поисковые работы на местах боев Великой Отечественной войны. Парадный расчет университета традиционно принимает участие в параде войск Санкт-Петербургского гарнизона, посвященном Дню Победы в Великой Отечественной войне. Слушатели и курсанты университета – постоянные участники торжественных и праздничных мероприятий, проводимых МЧС России, Администрацией Санкт-Петербурга и Ленинградской области, приуроченных к государственным праздникам и историческим событиям.

В университете из числа курсантов и слушателей создано творческое объединение «Молодежный пресс-центр», осуществляющее выпуск корпоративного журнала университета «Первый». С 2014 г. курсанты «Молодежного пресс-центра» проходят практику в Управлении организации информирования населения МЧС России, пресс-службах СЗРУ и Главного управления МЧС России по Санкт-Петербургу.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

Материалы, публикуемые в журнале, должны отвечать профилю журнала, обладать несомненной новизной, относиться к вопросу проблемного назначения, иметь прикладное значение и теоретическое обоснование и быть оформлены по следующим правилам:

1. Материалы для публикации представляются в редакцию журнала с *резолюцией* заместителя начальника университета по научной работе. Материал должен сопровождаться:

а) для **сотрудников** СПб УГПС – *выпиской* из протокола заседания кафедры о целесообразности публикации и отсутствии материалов, запрещенных к публикации в открытой печати, *рецензией от члена редакционного совета* (коллегии). По желанию прилагается вторая рецензия от специалиста соответствующего профиля, имеющего ученую степень;

б) для авторов **сторонних** организаций – сопроводительным *письмом* от учреждения на имя начальника университета и *разрешением* на публикацию в открытой печати, *рецензией* от специалиста по соответствующему статье профилю, имеющему ученую степень;

в) *электронной версией* статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 2003). Название файла должно быть следующим:

Автор1, Автор2 – Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов – Анализ существующей практики.doc**;

г) *плата* с адъюнктов и аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

2. Статьи, включая рисунки и подписи к ним, список литературы, должны иметь объем от 8 до 13 машинописных страниц.

3. Оформление текста:

а) текст материала для публикации должен быть тщательно отредактирован автором;

б) текст на одной стороне листа формата А4 набирается на компьютере (шрифт Times New Roman 14, *интервал 1,5*, без переносов, в одну колонку, *все поля по 2 см*, нумерация страниц внизу посередине);

в) на первой странице авторского материала должны быть напечатаны **на русском и английском языках**: название (прописными буквами, полужирным шрифтом, без подчеркивания); инициалы и фамилии **авторов (не более трех)**; ученая степень, ученое звание, почетное звание; место работы (название учреждения), аннотация, ключевые слова.

Требования к аннотации. Аннотация должна быть краткой, информативной, отражать основные положения и выводы представляемой к публикации статьи, а также включать полученные результаты, используемые методы и другие особенности работы. Примерный объем аннотации 40–70 слов.

4. Оформление формул в тексте:

а) формулы должны быть набраны на компьютере в редакторе формул Microsoft Word (Equation), размер шрифта эквивалентен 14 (Times New Roman);

б) в формулах рекомендуется использовать буквы латинского и греческого алфавитов (курсивом);

в) формулы печатаются по центру, номер – у правого поля страницы (нумеровать следует только формулы, упоминаемые в тексте).

5. Оформление рисунков и таблиц:

- а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;
- б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);
- в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;
- г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;
- д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

- а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;
- б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.
2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.
3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.
4. Грэждану П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.
5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.
6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).
7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

Сведения об авторах прилагаются в конце статьи и включают: Ф.И.О. (полностью), должность, место работы с указанием адреса и его почтового индекса; номер телефона, адрес электронной почты, ученую степень, ученое звание, почетное звание.

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

Вниманию авторов: материалы, оформленные без соблюдения настоящих требований, будут возвращаться на доработку.

Редакция оставляет за собой право направлять статьи на дополнительное, анонимное, рецензирование.

**МЧС РОССИИ
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет
Государственной противопожарной службы»**

Научно-аналитический журнал

**Природные и техногенные риски
(физико-математические и прикладные аспекты)**

№ 1 (17) – 2016

Выпускающий редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 26.03.2016. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. 12,25 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 128

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149