

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

**ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ**  
(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

**NATURAL AND TECHNOLOGICAL RISKS**  
(PHYSICS-MATHEMATICAL AND APPLIED ASPECTS)

**№ 2 (18) – 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 **Солнцев 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 **Алексеев 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**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований 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. Моделирование системы нечеткого вывода .....	5
Гращенко Е.А., Иванов А.Н. К вопросу обеспечения безопасности переправ по льду ...	10
Воропаев Н.П., Нестеренко А.Г., Луценко Ф.С. Методические подходы к оценке рисков чрезвычайных ситуаций .....	15
Сидорин А.И., Заборский Б.В. Чрезвычайные ситуации, вызванные авариями на атомных электростанциях. Оптимизация управленческого решения при проведении аварийно-спасательных работ .....	21

### ***ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ***

Куницына Е.Е., Возгрин Р.А., Николашин С.Ю. Обоснование метода идентификации радионуклидов при проведении радиационных исследований на радиационно-загрязненной местности .....	27
Дорошенко И.В., Заборский Б.В. Некоторые аспекты оценки химической обстановки при чрезвычайных ситуациях на подвижном химически опасном объекте .....	36
Кораблев В.А., Шарков А.В., Минкин Д.А. Методы выравнивания температурного поля вертикальной теплоотдающей пластины .....	42
Трубилко А.И. Некоторые вопросы безопасности в простых задачах механики .....	47

### ***ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ***

Семенов А.В., Петрова С.А. Об организации и функционировании метрологической службы, совершенствовании метрологического обеспечения в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России .....	60
Асеев И.М. Педагогические условия эффективности процесса дополнительного профессионального образования в вузе МЧС России .....	67
Кузьмина Т.А., Пермяков А.А. Сетевые технологии в контексте информационно-методической поддержки процесса курсового проектирования в вузах МЧС России .....	76
Кузьмина Т.А., Петрова Н.В. Информационно-коммуникационный комплекс как системное средство информационно-технологического обеспечения производства судебной нормативной пожарно-технической экспертизы .....	82
Кузьмин А.А., Романов Н.Н. Имплементация метода наименьших квадратов в модальность обработки результатов виртуального лабораторного эксперимента .....	87
Сведения об авторах .....	93
Информационная справка .....	94
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты) .....	102

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 присылать 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](mailto:redakziaotdel@yandex.ru). Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: [WWW.IGPS.RU](http://WWW.IGPS.RU)

**ISSN 2307-7476**

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

---

---

# МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

---

---

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА

**А.Ю. Лабинский, кандидат технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены особенности моделирования системы нечеткого вывода. Моделирование системы нечеткого вывода реализовано в виде программы на ЭВМ.

*Ключевые слова:* нечеткий вывод, нечеткая логика, нечеткое моделирование, нечеткое управление, компьютерная программа, математическая модель

## SIMULATE THE FUZZY OUTPUT SYSTEM

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

This article presents the mathematical model and computing program the fuzzy output system. The mathematical model use the fuzzy control.

*Keywords:* fuzzy output, fuzzy logic, fuzzy simulation, fuzzy control, computing program, mathematical model

Деятельность органов управления МЧС России часто происходит в условиях подверженности воздействию различных факторов техногенного характера. Поэтому особую важность приобретают вопросы разработки систем управления, способных к реализации своих функций с учетом многофакторности процессов и явлений, влияющих на возможное возникновение чрезвычайных ситуаций. Использование теории нечетких множеств обеспечивает необходимую степень достоверности получаемых результатов, так как данная теория позволяет производить оценку риска в условиях многофакторности и неопределенности, посредством методологии системного анализа нечеткой логики.

Система нечеткого вывода реализует процесс получения нечетких заключений о требуемом управлении объектом на основе нечетких условий или предпосылок, представляющих собой информацию о текущем состоянии объекта [1].

Этот процесс соединяет в себе все основные концепции теории нечетких множеств: функции принадлежности, лингвистические переменные, методы нечеткой импликации и т.п. Разработка и применение систем нечеткого вывода включает в себя ряд этапов, включающих в себя формирование базы нечетких продукционных правил, фаззификацию входных переменных, агрегирование подусловий и активизацию подзаключений, аккумуляирование заключений и дефаззификацию выходных переменных [1].

Фаззификация (введение нечеткости) – это установка соответствия между численным значением входной переменной системы нечеткого вывода и значением функции принадлежности соответствующего ей терма лингвистической переменной [2]. На этапе фаззификации значениям всех входных переменных системы нечеткого вывода, полученным внешним по отношению к системе нечеткого вывода способом, например при помощи

датчиков, ставятся в соответствие конкретные значения функций принадлежности соответствующих лингвистических термов, которые используются в условиях нечетких продукционных правил, составляющих базу нечетких продукционных правил системы нечеткого вывода.

Агрегирование – это процедура определения степени истинности условий по каждому из правил системы нечеткого вывода [3]. Если условие нечеткого продукционного правила является простым нечетким высказыванием, то степень его истинности соответствует значению функции принадлежности соответствующего термина лингвистической переменной.

Активизация в системах нечеткого вывода – это процедура или процесс нахождения степени истинности каждого из элементарных логических высказываний, составляющих основу всех нечетких продукционных правил. Поскольку заключения делаются относительно выходных лингвистических переменных, то степеням истинности элементарных подзаключений при активизации ставятся в соответствие элементарные функции принадлежности.

Аккумуляция в системах нечеткого вывода – это процесс нахождения функции принадлежности для каждой из выходных лингвистических переменных [4]. Цель аккумуляции состоит в объединении всех степеней истинности подзаключений для получения функции принадлежности каждой из выходных переменных.

Дефаззификация в системах нечеткого вывода – это процесс перехода от функции принадлежности выходной лингвистической переменной к ее четкому (числовому) значению [5]. Цель дефаззификации состоит в том, чтобы, используя результаты аккумуляции всех выходных лингвистических переменных, получить количественные значения для каждой выходной переменной.

Выбор конкретных способов реализации отдельных этапов нечеткого вывода определяет тот или иной алгоритм нечеткого вывода.

### Программа моделирования нечеткого вывода

Изложенная выше структура системы нечеткого вывода была реализована в виде программы для ЭВМ, интерфейс которой представлен на рис. 1.

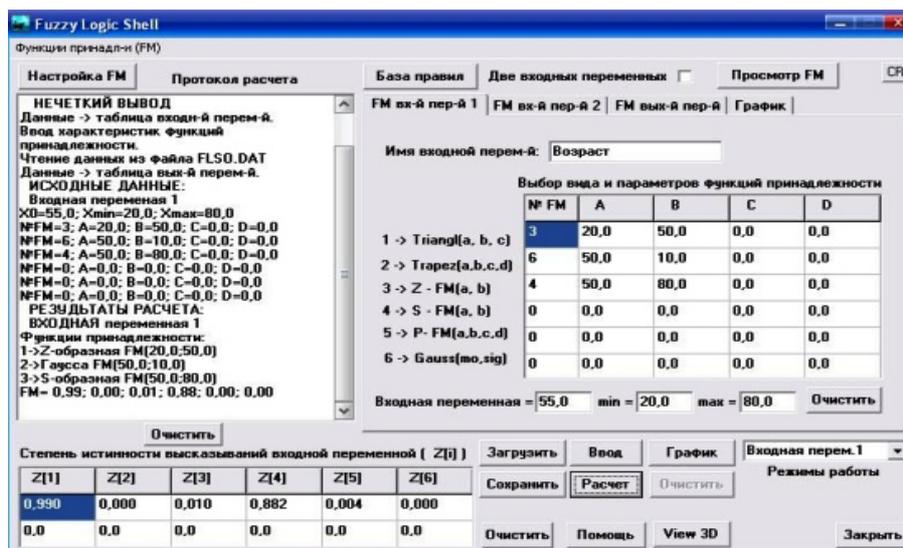


Рис. 1. Интерфейс программы моделирования нечеткого вывода

При моделировании использовалась система нечеткого вывода Мамдани:  
 – метод нечеткого «И» – значение «min»;  
 – метод агрегирования – значение «max»;  
 – метод дефаззификации – значение «centroid» (метод центра тяжести).

Программа позволяет выполнять моделирование в шести режимах, выбираемых из раскрывающегося списка:

- моделирование наиболее часто используемых функций принадлежности (всего девять функций), выбираемых из меню;
- моделирование функций принадлежности входной переменной;
- моделирование функций принадлежности второй входной переменной;
- моделирование функций принадлежности выходной переменной;
- моделирование процесса дефаззификации;
- моделирование зависимости вход-выход для базы нечетких продукционных правил.

В процессе моделирования возможна корректировка параметров функций принадлежности (кнопка «Настройка FM») с помощью окна настройки, позволяющим на графике функции принадлежности сразу увидеть результаты корректировки (рис. 2).

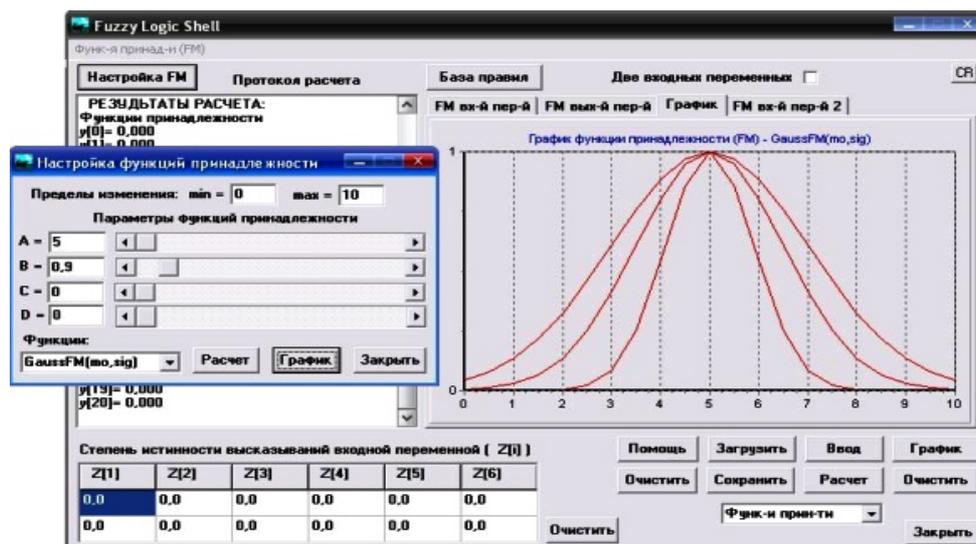


Рис. 2. Корректировка и просмотр функций принадлежности

База нечетких продукционных правил в виде нечетких высказываний-термов, которым поставлены в соответствие функции принадлежности, может быть просмотрена в специальном окне (кнопка «База правил»), представленном на рис. 3.

База нечетких продукционных правил в виде нечетких высказываний - термов:  
**ПРАВИЛО: ЕСЛИ "Условие" И "Условие" ТО "Заключение".**  
 Каждому терму ("Условие", "Заключение") поставлена в соответствие функция принадлежности  
 Исследуется зависимость: Клапан - f(Уровень, Измен-е уровня)

Значение	ЕСЛИ	Уровень	И	Измен-е уровня	ТО	Клапан
NB (Negative Big)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
NM (Negative Middle)	IF		AND		THEN	
NS (Negative Small)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
ZN (Zero Negative)	IF		AND		THEN	
Z (Zero)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
ZP (ZeroPositive)	IF		AND		THEN	
PS (Positive Small)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)
PM (Positive Middle)	IF		AND		THEN	
PB (Positive Big)	IF	GaussFM(mo,sig)	AND	GaussFM(mo,sig)	THEN	TriangleFM(a,b,c)

Buttons: Загрузить базу, Очистить таблицу, Закрыть

Рис. 3. Окно просмотра базы нечетких продукционных правил

Вид функций принадлежности, соответствующих термам базы нечетких продукционных правил, может быть просмотрен в специальном окне (кнопка «Просмотр FM»), представленном на рис. 4.

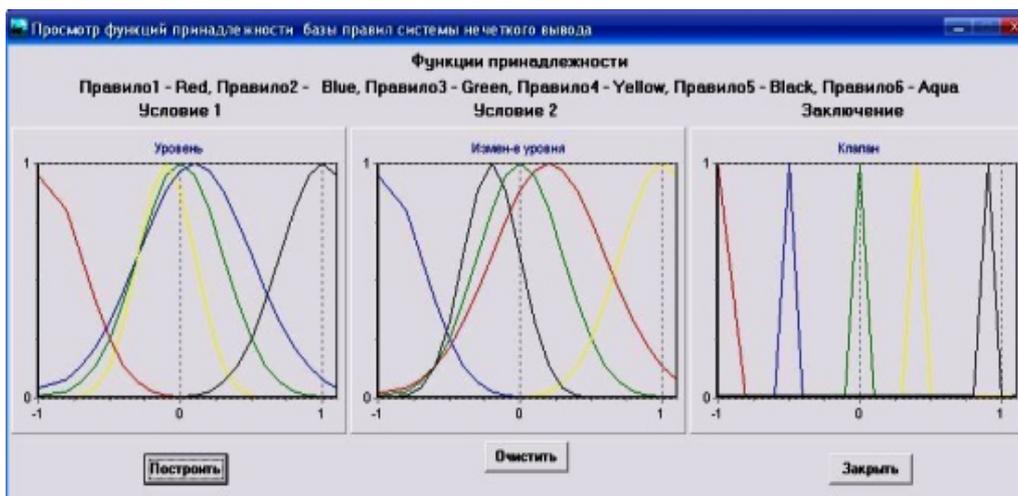


Рис. 4. Окно просмотра функций принадлежности базы продукционных правил

Поверхность нечеткого вывода может быть просмотрена в специальном окне (кнопка «View 3D»), представленном на рис. 5. В окне просмотра поверхности нечеткого вывода можно использовать манипулятор мышь для изменения углов системы координат и поворота изображения.

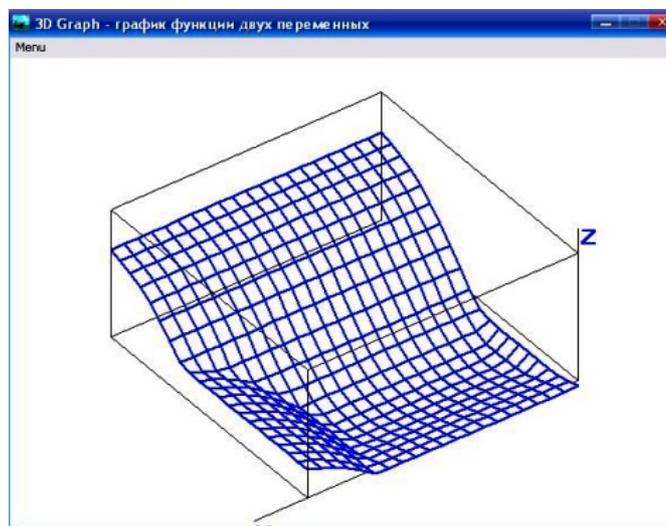


Рис. 5. Окно просмотра поверхности нечеткого вывода

Процесс моделирования начинается с загрузки из внешних файлов данных функций принадлежности входных и выходной переменных: кнопка «Загрузить». Данные загружаются в таблицы с возможностью их редактирования. После редактирования данных их можно сохранить во внешних файлах: кнопка «Сохранить».

Программа позволяет подготавливать данные по функциям принадлежности (выбор из шести функций принадлежности и задание их параметров).

Далее моделирование производится путем нажатия кнопок «Ввод» и «Расчет» (для двух последних режимов достаточно нажать только кнопку «Расчет»). Процесс моделирования отображается в текстовом виде в окне протокола расчета. Результат

моделирования в каждом режиме работы программы можно просмотреть в графическом виде: кнопка «График».

В качестве примера моделирования ниже приводятся результаты моделирования зависимости «Вероятность ДТП» =  $f(\text{«Возраст»})$  и зависимости «Команда клапана» =  $f(\text{«Уровень»})$  при моделировании процесса управления расходом охлаждающей жидкости [6].

Результат моделирования зависимостей представлен на рис. 6, 7.

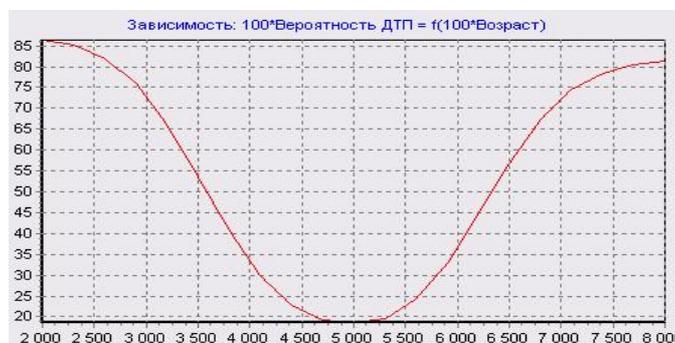


Рис. 6. Зависимость «Вероятность ДТП» =  $f(\text{«Возраст»})$

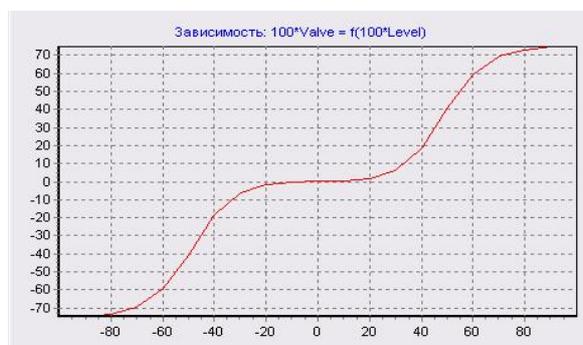


Рис. 7. Зависимость «Команда клапана» =  $f(\text{«Уровень»})$

Разработанная программа для ЭВМ позволяет проводить моделирование систем управления и интегрировать разработанную методику в существующие системы информационной поддержки процесса принятия решений в виде программного продукта. Представленная программа моделирования системы нечеткого вывода позволяет расширить область применения интеллектуального управления сложными системами за счет построения систем автоматического управления с возможной адаптацией их к широкому кругу объектов и поддержки принятия решений в условиях неопределенности.

Проблема управления сложными системами в условиях неопределенности относится к актуальным проблемам современной теории и практики автоматического управления. Для такого класса систем типичным становится случай, когда отсутствует точное математическое описание объекта управления, процесс плохо воспроизводится, а изменение его параметров в ходе функционирования происходит неизвестным образом. Вместе с появлением новых процессов и объектов возникают более высокие требования к разрабатываемым системам управления, которые невозможно обеспечить существующими системами. Каждый процесс имеет свои особенности, которые, с одной стороны, требуется учитывать при управлении, а, с другой стороны, они не в полной мере могут быть учтены существующими подходами к синтезу систем.

Для синтеза систем управления в таких условиях большими возможностями обладают методы нечеткой логики, обеспечивающие робастные и адаптивные свойства.

## **Литература**

1. Гриняев С. Нечеткая логика в системах управления. М.: Лори, 2001.
2. Деменков Н.П. Нечеткое управление в технических системах. М.: Машиностроение, 2005.
3. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб.: БХВ Петербург, 2005.
4. Дилигенский Н.В., Дымова Л.Г., Севастьянов Н.В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация. М.: МГУ, 2004.
5. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ, 2013.
6. Гвоздик М.И., Лабинский А.Ю. К вопросу использования нечеткого моделирования и управления // Природные и техногенные риски. 2015. № 3. С. 5–10.

## **К ВОПРОСУ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕПРАВ ПО ЛЬДУ**

**Е.А. Гращенко;**

**А.Н. Иванов, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены задачи устройства и содержания ледовых переправ, показаны опасные для жизни людей факторы состояния льда, приведены эмпирические значения безопасной толщины льда для различных условий. Предложен порядок обеспечения безопасности людей на льду в условиях сельских поселений, расположенных на берегах рек и озер.

*Ключевые слова:* ледовая переправа, толщина льда, ледостав, структура льда, несущая способность ледового покрытия

## **THE ISSUE OF SECURITY CROSSINGS ON THE ICE**

E.A. Grashchenko; A.N. Ivanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

We consider the problem of the device and the content of ice crossings, shows the threat to human lives factors for ice, given the empirical importance of the safe ice thickness for various conditions. We propose a procedure for ensuring the safety of people on the ice and in rural settlements located on the banks of rivers and lakes.

*Keywords:* ice passage, ice thickness, freezing, structure of ice, bearing capacity of ice cover

Ледовые переправы – это переправы, проложенные по ледяному покрову рек, озер и других водоемов. Эти переправы могут быть частью временных зимних автодорог (автозимников), временно заменять недействующий мост или в зимний период паромную переправу постоянной автодороги.

Основными задачами устройства и содержания ледовых переправ являются:

- организация переправы и безопасного пропуска транспортных средств по ним;
- регулирование движения автотранспорта и пешеходов;
- наблюдение за состоянием ледяного покрова, деревянных конструкций усиления и съездов на лед;
- восстановление переправ.

Если речь идет о переправах по льду на дорогах промышленного значения регионального уровня (на федеральных трассах, как правило, таких участков не бывает),

то соответствующие службы обеспечивают содержание таких переправ. Организуется их техническое освидетельствование, контроль оборудования, содержания и эксплуатации, выявление и пресечение нарушений требований «Правил охраны жизни людей на воде» в части их касающейся. На таких переправах осуществляется комендантская служба, разработан порядок взаимодействия всех заинтересованных ведомств и организаций в случае возникновения чрезвычайных ситуаций. И, что самое важное, на этих переправах всегда четко обозначено как разрешение выезда (выхода) на лед, так и запрет таковых действий.

Как правило, на таких переправах не бывает случаев гибели людей в результате провала под лед.

Совсем иная картина наблюдается в случае существования таких переправ в небольших населенных пунктах (преимущественно сельских), расположенных на берегах рек и больших озер. Сезон движения по льду здесь начинается с проверки его «крепости» сначала пешеходами (чаще всего из-за любопытства детьми среднего школьного возраста), а затем – и транспортными средствами.

В основу принятия решения ложатся субъективные оценки несущей способности льда (трещит – не трещит, прогибается – не прогибается, провалился – не провалился).

И, как правило, после первого перехода на другой берег по льду пешехода начинается движение людей, а потом и различных транспортных средств. При этом не учитываются такие понятия, необходимые для безопасности человека и техники на льду, как несущая способность ледового покрытия и резкое ее снижение в случае даже кратковременных колебаний температуры в сторону повышения. Подобные ситуации иногда заканчиваются трагически.

Это подтверждается статистическими данными Северо-Западного регионального центра (СЗРЦ) МЧС России о количестве чрезвычайных ситуаций природного характера за период 2009–2014 гг. За этот период в результате провалов под лед погибло 14 человек, и все эти случаи имели место в ситуациях, аналогичных описанным выше.

Безусловно, подразделения МЧС России через средства массовой информации, а в последнее время и с помощью СМС-информирования, доводят до населения информацию о запрете выхода на лед в связи с погодными условиями.

Но, к сожалению, практика показывает, что население чаще всего руководствуется собственным опытом непосредственной проверки несущей способности льда, не понимая физики образования ледового покрова, и того, что в зависимости от русла водоема ледовый покров неоднороден, и если лед «держит» вес человека или транспортного средства в месте выхода на него, то это не означает, что он будет также «держат» и через несколько десятков метров.

Абсолютно игнорируется такое понятие, как структура льда. На одном и том же водоеме встречаются участки ледового покрова, которые при одинаковой толщине обладают различной прочностью и грузоподъемностью.

Некоторые виды ледяного покрова имеют свойство разрушаться под воздействием нагрузки без характерного предварительного треска.

Не учитываются и такие факторы, как длительность воздействия на лед, характер воздействия, скоростной режим.

Показательным в этом отношении является трагический случай, имевший место 4 января 2009 г. в деревне Типиницы Медвежьегорского района Республики Карелия, где группа лыжников в количестве шести человек провалилась под лед Онежского озера, в результате чего пятеро из них утонули. Трагедия произошла на расстоянии 30–50 м от берега. И, хотя в группе были далеко не новички, тем не менее, перед выходом на лед информацию о его состоянии предпочли получить не из сводок СЗРЦ МЧС России, а от местных жителей.

Вот свидетельство единственного спасшегося члена этой группы: «В деревне Тамбицы обнаружили жилой дом, где поинтересовались состоянием льда на Онежском озере у местных жителей. По их словам, если мороз продержится еще одну ночь, то вдоль берега

пройти будет возможно, и они сами собираются пойти на рыбалку по льду на следующий день». Комиссия, проводившая расследование, впоследствии установила, что «непосредственной причиной несчастного случая стало отсутствие надежного ледяного покрова из-за специфичного рельефа дна в районе мыса Варнаволок и характера течения (водовороты), препятствующего образованию прочного ледяного покрова» [1].

Лед является материалом, для которого присущи свойства упругости, вязкости и другие физические свойства, которые даже при наличии необходимой несущей способности льда в некоторых условиях могут вызвать его разрушение, например, вызвав явление резонанса при нарушении скоростного режима движения транспортными средствами.

Анализ литературных источников [2–4] показывает, что при расчете несущей способности ледового покрытия рассматривают следующие режимы нагрузки на него (табл. 1).

Таблица 1. Проявление физических свойств льда в зависимости от режима действия нагрузки

№	Вид режима	Описание поведения льда
1	Динамический	Упругие свойства льда проявляются полностью, а неупругие приводят к диссипации энергии
2	Статический	Для большинства статических задач со сравнительно малым временем приложения нагрузки можно рассматривать лед как упругую однородную пластину, лежащую на упругом основании гидравлического типа
3	Режим длительного нагружения	Полностью проявляются вязкие свойства льда

Как видно из данных табл. 1, появление упругой или пластической деформации в ледяном покрове зависит от длительности действия нагрузки в данной точке.

Вместе с тем следует отметить, что быстрое движение транспортных средств вызывает появление колебаний воды под ледяным покровом, что приводит к деформации ледяного покрова за счет движения «волны вспучивания» [4] впереди прогиба.

Максимальные прогибы в ледяном покрове, которые могут привести к полной потере несущей способности льда, будут наблюдаться при скорости движения транспортного средства равной скорости распространения свободных длинных волн, определяемой для мелких водоемов формулой Лагранжа:

$$V = \sqrt{gH} \quad (1)$$

где  $H$  – глубина водоема [4].

Поэтому расчетная скорость движения транспортного средства должна быть меньше, чем определяемая по формуле (1).

Для ориентировочного определения толщины льда в зависимости от нагрузки может быть использована формула М. Корунова:

$$H = \alpha \cdot V \cdot q,$$

где  $H$  – толщина льда (см), необходимая для пропуска нагрузки, т;  $\alpha$  – опытный коэффициент, равный для колесного транспорта 11, а для гусеничного – 9;  $q$  – полный вес транспортного средства с грузом, т.

При высокой интенсивности движения автотранспорта на переправах и неоднородности структуры льда в полученный результат вводится дополнительный коэффициент запаса, равный 1,2–1,25 [4].

В табл. 2 приведены минимальные значения толщины пресноводного ледяного покрова, необходимые для безопасного выхода на него людей и транспортных средств, полученные опытным путем [3].

Таблица 2. Зависимость нагрузки от толщины пресноводного льда

Допустимая нагрузка, кН	Необходимая толщина льда, м, при средней температуре воздуха за трое суток, °С			Дистанция между машинами, м
	-10 и ниже	-5	0 (кратковременная оттепель)	
Человек с ношей				
1	0,1	—	—	—
Гужевой транспорт				
12	0,2	—	—	—
Гусеничные машины				
40	0,18	0,20	0,23	10
60	0,22	0,26	0,31	15
100	0,28	0,31	0,39	20
160	0,36	0,40	0,50	25
200	0,40	0,44	0,56	25
300	0,49	0,54	0,63	35
400	0,57	0,63	0,80	40
500	0,63	0,70	0,88	55
600	0,70	0,77	0,98	70
Колесные машины				
35	0,22	0,24	0,31	18
60	0,29	0,32	0,40	20
80	0,34	0,37	0,48	22
100	0,38	0,42	0,53	25
150	0,46	0,50	0,64	30

При определении толщины льда иной структуры данные таблицы умножают на поправочный коэффициент учета структуры льда (табл. 3).

Таблица 3. Поправочный коэффициент учета структуры льда

Характер ледового покрытия	Значение коэффициента
Зернистый, состоящий из отдельных льдин	2,19
Очень слабый, кристалльно-прозрачный, с полыми вертикальными трубочками значительного диаметра	1,41
Слабый, кристалльно-прозрачный с вертикальными трубочками небольших размеров (по длине и диаметру)	1,18
Очень прочный, кристалльно-прозрачный, без включений	0,77

Как указывается в работе [2], к настоящему времени предложено большое количество формул и расчетных приемов для определения толщины ледяного покрова пресноводных водоемов и водотоков, опирающихся на три основных метода:

1. Метод аналогии, когда толщина ледяного покрова назначается по метеорологическим данным исследуемого пресноводного объекта с использованием картограммы максимальных (средних, минимальных) толщин льда для условий средней (самой теплой или самой холодной) зимы, полученной по данным натуральных наблюдений на водоеме (водотоке) – аналоге. При этом учитывается большое количество естественных факторов и их характеристик.

2. Эмпирический метод, основанный на отыскании эмпирических связей толщины льда и отдельных факторов, определяющих изменение толщины ледяного покрова. В этом случае расчетные эмпирические соотношения получены по известной, относительно тесной корреляции между некоторыми температурными характеристиками и толщиной льда и носят, как правило, региональный характер.

3. Теоретический метод, основанный на интегрировании исходных дифференциальных уравнений, описывающих физическую сущность нарастания толщины льда с последующим получением аналитических или же полуэмпирических соотношений.

Метод аналогии и теоретический метод требуют большого количества исходных данных, и, естественно, могут быть корректно использованы только специалистами при наличии оборудования.

Понятно, что на местном уровне, то есть на уровне отдельных населенных пунктов, расположенных на берегах рек и озер, где актуальным является вопрос обеспечения безопасного выхода местных жителей на лед, их применить невозможно.

В то же время эмпирический метод, адаптированный к данному региону, вполне может быть применим на этом уровне. Полученные с его помощью данные о состоянии льда на конкретном водоеме и конкретном населенном пункте, своевременно доводимые до населения в виде рекомендаций, помогут исключить случаи провала под лед и сохранить жизнь и здоровье людей.

Для этого в местах выхода (выезда) населения на лед должны устанавливаться специальные щиты со сменной информацией о температуре воздуха (желательно в динамике за 5–7 дней), толщине льда, его максимальной грузоподъемности и другой необходимой информацией. В случае изменения параметров ледяного покрытия водоема в сторону потери необходимой несущей способности должна быть информация о запрещении выхода (выезда) на лед.

Ежедневно утром и вечером, а в оттепель и днем, необходимо производить замер толщины льда и определять его структуру. Замер льда производится по всему маршруту движения.

После установления стационарного ледового покрова на водоемах, особенно таких, как небольшие реки, озера, можно определять толщину льда аналитически, по эмпирическим формулам, полученным для данного региона или конкретного водоема.

Прочность льда можно определить также и визуально: самым прочным считается лед прозрачный с голубым или зеленым отливом.

Наиболее ненадежным является лед с оттенками серого, матово-белого или желтого цвета – такой лед обрушивается без предупреждающего потрескивания.

Лед должен поддерживаться снизу водой. Если уровень воды упал и лед «висит», то он может не выдержать нагрузку, поэтому является опасным. Не может считаться безопасным лед, даже если он имеет достаточную толщину, если в течение суток температура была выше нуля.

Прочность льда снижается на 25 % в случае, если температура воздуха выше нуля градусов держится более трех дней.

Как известно, выпавший снег повышает температуру льда и уменьшает его грузоподъемность. Поэтому в случае выхода на лед транспортных средств рекомендуется расчищать проезжую часть переправ от снега.

При появлении на льду наледей, воды и промоин передвижение по нему запрещается.

Логично возникает вопрос: «Кто в условиях сельского поселения будет выполнять эту работу, хотя и необходимую, но требующую определенного времени и скорее всего собственного энтузиазма?».

По мнению авторов, с этой работой вполне могли бы справиться школьники старших классов под руководством учителя основ безопасности жизнедеятельности, географии или физики во время внеклассной работы. Это решило бы задачу их приобщения к общественно-полезному труду, помогло бы на практике освоить азы спасательного дела, глубже изучить отдельные разделы таких школьных дисциплин, как «Основы безопасности жизнедеятельности», «Физическая география» и «Физика».

#### **Литература**

1. Хроника несчастного случая со студентами МГТУ им. Баумана (Онежское озеро, январь 2009 г). URL: [http://www.manturs.narod.ru/dok/ot\\_tssr/ice\\_water/ice\\_water\\_1.htm](http://www.manturs.narod.ru/dok/ot_tssr/ice_water/ice_water_1.htm) (дата обращения: 20.01.2016).
2. Козлов Д.В. Лед пресноводных водоемов и водотоков. М.: Изд-во МГУП, 2000. 263 с.
3. Зотов Б.И. Безопасность жизнедеятельности на производстве: учеб. М.: Колос, 2003. 432 с.
4. Назимов А.Д. Ледяные переправы на строительстве Куйбышевской ГЭС. Куйбышев: Оргэнергострой, 1956.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ РИСКОВ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

**Н.П. Воропаев, кандидат военных наук;**

**А.Г. Нестеренко, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**Ф.С. Луценко.**

**Санкт-Петербургский военный институт внутренних войск МВД России**

Представлен краткий обзор существующих методических подходов к оценке рисков чрезвычайных ситуаций. Отражены возможности практического использования существующих методов в области оценки рисков чрезвычайных ситуаций. Отмечена особая актуальность ранжирования территорий по вероятности возникновения чрезвычайных ситуаций не только для планирования мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций, но и для формирования стратегий устойчивого развития территорий, а также для составления паспортов безопасности муниципальных образований и территорий субъектов Российской Федерации, необходимость разработки которых определена МЧС России.

*Ключевые слова:* чрезвычайная ситуация, риск чрезвычайной ситуации, анализ риска, оценка риска, интегральный риск, дифференцированный риск, индивидуальный риск, коллективный риск

## METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF RISKS OF EMERGENCY SITUATIONS

N.P. Voropaev; A.G. Nesterenko.

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

F.S. Lutsenko. Saint-Petersburg military institute of internal troops of Ministry of internal affairs of Russia

Presents an overview of existing methodical approaches to the assessment of risks of emergency situations. Reflected the practical use of existing methods in the field of risk assessment of emergency situations. Noted the special relevance of ranking of areas by probability of occurrence of emergency situations not only for planning of measures on liquidation of emergency situations, but also for the formation of strategies for sustainable development of territories, as well as for the compilation of safety data sheets of municipalities and territories of the Russian Federation, the need for the development which identified the Ministry of emergency situations of Russia.

*Keywords:* emergency, the risk of an emergency, risk analysis, risk assessment, integrated risk, the differential risk, individual risk, collective risk

Чрезвычайные ситуации (ЧС) всегда представляли и в обозримом будущем будут представлять существенную угрозу для человечества в целом и для населения Российской Федерации в частности. За последние годы на фоне малозаметного повышения глобальной температуры произошло значительное увеличение количества опасных гидрометеорологических явлений с аномальными значениями параметров, возникающих раз в 50–100 и более лет. Это привело к ряду масштабных природных ЧС как в России, так и во всем мире.

Можно полагать, что в ближайшей перспективе количество ЧС и ущерб от них будут возрастать. Основанием для таких предположений служит продолжающиеся процессы освоения новых территорий (Арктика) и повышение плотности населения и промышленной инфраструктуры в регионах России, наиболее подверженных ЧС.

Согласно Государственному докладу МЧС России [1], только в 2014 г. в нашей стране произошло 262 ЧС, в том числе локальных – 146, муниципальных – 76, межмуниципальных – 10, региональных – 27, межрегиональных – 1, федеральных – 2. В результате ЧС погибло 567 чел., пострадало 129 869 чел., спасено 34 735 чел.

Наибольшее количество ЧС произошло в Центральном (58), Южном (52) и Приволжском (44) федеральных округах.

В отчетном году произошло 186 ЧС техногенного характера, в результате которых погибло 556 чел., пострадало 1 620 чел., спасено 1 063 чел.; 44 ЧС природного характера – погибло 11 чел., пострадало 128 233 чел., спасено 33 657 чел.; 31 ЧС биолого-социального характера – пострадало 2 чел., спасен 1 чел., гибели людей не допущено.

Тем не менее количество ЧС и количество погибших из года в год неуклонно снижается. Так, в 2014 г. в Российской Федерации произошло на 21 % меньше ЧС, чем в 2013 г., а количество погибших снизилось на 10 %. Указанные показатели свидетельствуют о целенаправленной деятельности Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (РСЧС) в области управления риском ЧС. При этом научной и методической базой управления риском является оценка риска ЧС, представляющая собой общий процесс идентификации, анализа и оценивания.

На протяжении длительного времени требования к безопасности оставались преимущественно качественными или относились к технике безопасности на производстве. Однако после ряда крупнейших техногенных и природно-техногенных аварий и катастроф стало очевидным, что безопасность должна быть количественно определяемым, контролируемым и регулируемым параметром. Для достижения этой цели было предложено использовать количественные характеристики рисков.

В России работы по оценке риска получили государственный статус в середине 1990-х гг., когда была сформирована Государственная научно-техническая программа «Безопасность населения и народнохозяйственных объектов с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф». Первоначальные фундаментальные исследования риска были выполнены в ряде академических институтов Российской академии наук.

Отметим, что понятие риска, используемое в различных сферах, многозначно. Так под риском ЧС понимается количественная мера возможности реализации опасностей и угроз техногенного, природного, биолого-социального и иного характера, обуславливающей возникновение и развитие ЧС. В качестве такой меры используется вероятность или частота возникновения аварий и катастроф, опасных природных явлений, биолого-социальных событий и других источников ЧС в комплексе с математическим ожиданием ущерба, наносимого населению, окружающей среде, хозяйственно-экономическим и другим объектам при реализации опасностей и угроз [2].

Если вероятность события  $S$  обозначить как  $P(S)$ , а потери – как  $U(S)$ , то риск  $R(S)$  события  $S$  представляет собой произведение:

$$R(S) = P(S) \cdot U(S)$$

Чтобы подчеркнуть, что речь идет об измеряемой величине, используются понятия «степень риска», «уровень риска», «индекс риска».

С помощью риска ЧС оценивается возможный ущерб от ЧС различного характера, масштаба и уровня, в том числе федерального. Риск ЧС выполняет важную прогнозную функцию по оценке опасностей и угроз техногенного, природного и биолого-социального характера при развитии и совершенствовании системы защиты населения и территорий от ЧС.

Риск проявляется посредством взаимодействия человека с природой и техносферой. В связи с этим можно выделить следующие области его проявления:

– объективного содержания риска, измеримого и независимого от человеческого восприятия, его можно идентифицировать, оценивать и предсказывать на базе фундаментальных закономерностей – характеризует действительный риск;

– субъективного содержания риска, связанного с его восприятием конкретным человеком, эта сфера относится к состоянию индивидуума, который попадает в ситуацию неопределенности относительно последствий некоторого события – характеризует мнимый риск.

Действенным инструментом реализации государственной политики в области управления риском ЧС являются различные программы, предусматривающие реализацию научных и научно-технических мероприятий в области управления риском ЧС.

Так в государственной программе Российской Федерации «Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах» определены целевые индикаторы и показатели объективного содержания риска [3].

В качестве основных индикаторов, можно выбрать:

– количество деструктивных событий (количество ЧС, пожаров, происшествий на водных объектах), единица измерения – тысяч единиц;

– количество населения, погибшего, травмированного и пострадавшего при ЧС, пожарах, происшествиях на водных объектах, единица измерения – тысяч человек;

- количество населения, спасенного при ЧС, пожарах, происшествиях на водных объектах, единица измерения – тысяч человек;
- экономический ущерб от деструктивных событий, единица измерения – миллиардов рублей.

Основными показателями можно считать [3]:

- сокращение количества лиц, погибших в ЧС, единица измерения – проценты;
- сокращение количества лиц, погибших на пожарах, единица измерения – проценты;
- сокращение количества лиц, погибших на водных объектах, единица измерения – проценты.

Наряду с ними могут быть использованы следующие показатели.

Интегральный риск – возможность (вероятность) наступления негативных последствий случайных событий от нескольких опасностей за заданный интервал времени, установленный для определенного объекта. Отличается тем, что количественное или качественное изменение одного из частных рисков (природных, техногенных, социальных) ведет к изменению других рисков или их групп [4].

В качестве показателей комплексных опасностей, создаваемых опасными факторами природных и (или) техногенных воздействий при различных сочетаниях источников, причин и сценариев могут быть использованы такие показатели, как техногенный интегральный риск, природный интегральный риск и природно-техногенный риск.

Показателем отдельных опасностей, создаваемых для отдельных объектов рассмотрения заданным сочетанием источников, причин и сценариев является дифференцированный риск.

Индивидуальный риск – индивидуальная вероятность преждевременной смерти или ущерба здоровью от различных причин для определенных видов деятельности или условий проживания на определенной территории. Показатель возможных потерь или нескольких опасностей, установленный для типичного или конкретного представителя определенной группы населения, находящегося в зоне возможного поражения, в виде гибели, ранения, потери здоровья, моральной травмы или других негативных для этого представителя исходов за заданное время [4].

Коллективный риск – ожидаемое количество пораженных в результате возможных ЧС за определенный период времени. В отличие от риска индивидуального коллективный риск является интегральной характеристикой опасностей определенного вида в конкретном географическом районе и характеризует масштаб возможной ЧС. Это возможность (вероятность) наступления негативных последствий для здоровья группы людей, выполняющих определенную опасную деятельность или находящихся в расположении источника опасности. Количественной мерой коллективного риска выступает ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определенный период времени [4].

Также в научных изданиях по проблемам управления в сфере национальной безопасности государства используется понятие стратегического риска ЧС.

Анализ риска ЧС направлен на оценку возможности их возникновения, идентификацию, а также прогнозирование изменений уровней риска, с учетом социально-экономического развития и совершенствования системы безопасности населения и территорий. При этом учитываются вновь появляющиеся опасности и угрозы, а также уязвимость объектов, подвергающихся воздействию деструктивных факторов, характерных для рассматриваемой ЧС.

Оценка риска возникновения ЧС сопряжена со значительными трудностями, связанными с неопределенностью исходных данных, адекватностью моделей и др. Эти трудности многократно возрастают в случае необходимости определения интегральных (комплексных) рисков от многих опасностей. При оценке интегральных (комплексных) рисков принимаются следующие основные допущения:

- о независимости событий поражения людей при ЧС различного характера;

– о зависимости значения индивидуального риска, в основном, от частоты аварий и интенсивности поражающего фактора (моделей воздействия) и от сопротивления этому воздействию (законов поражения).

Воздействия иницирующих или развивающихся по данному сценарию ЧС описываются в виде аналитических, табличных или графических зависимостей. Эти зависимости позволяют определить интенсивность поражающих факторов той или иной ЧС в рассматриваемой точке. Зависимости, определяющие поля иницирующих и поражающих факторов при прогнозировании последствий ЧС, принимаются как модели воздействия с характеристиками интенсивности, масштабов воздействий и их частот.

Для оценки риска возникновения ЧС используются следующие основные методы: статистический, теоретико-вероятностный, экспертный.

При статистическом методе определяется вероятность возникновения ЧС по имеющимся статистическим данным. Изучается статистика техногенных аварий, катастроф, опасных природных явлений и других опасных событий. Методами статистической обработки данных определяется частота событий, которая при определенной выборке статистических данных принимается за величину вероятности. Достоинством статистического метода является объективность, однако для редких (происходящих не каждый год) ЧС, сопровождающихся тяжелыми последствиями, такой подход не применим.

В теоретико-вероятностном методе используются только математические модели или математические модели и статистические данные, имеющиеся в ограниченном количестве. Данный метод позволяет учесть источники потенциальной опасности, которые проявляются редко, но последствия от вызванных ими ЧС являются катастрофическими (например, авария на радиационно опасном объекте). Однако этот подход отличается повышенной трудоемкостью и требует большого числа исходных данных.

В России эта идеология реализована при оценке комплексного (природно-техногенного) риска в рамках нормативного документа «Методика оценки комплексного риска для населения от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», разработанного во Всероссийском научно-исследовательском институте по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России (федеральном центре науки и высоких технологий) (ФЦ ВНИИ ГОЧС) в 2002 г. На его основе выполнено районирование территорий Российской Федерации по степени комплексного риска, включающего природные и техногенные опасности [5].

Низкая точность исходных данных затрудняет использование в некоторых случаях статистического и теоретико-вероятностного подходов, поэтому для оценки риска возникновения ЧС также зачастую используют экспертный метод. Данный метод применяется в тех случаях, когда очень трудно формализовать задачу определения риска.

При экспертном методе количественная оценка риска производится путем обработки суждений определенного числа специалистов, выступающих в роли экспертов. Экспертные данные используются для количественных оценок величины вероятности возникновения опасного события.

В последнее время при решении практических задач, связанных с анализом риска по отдельным видам и его комплексной оценкой для тех или иных социально-экономических систем и административно-хозяйственных образований, используется главным образом метод экспертного определения показателей риска и их критических уровней.

Первой в России аналитической информационной работой в области оценки опасностей и рисков субъектов Российской Федерации стал «Атлас природных и техногенных опасностей в Российской Федерации», который дает обобщенные оценки природных и техногенных рисков для территорий субъектов Российской Федерации в целом, но детально не рассматривает опасности и риски внутри регионов. В качестве основного показателя риска принята вероятность гибели человека в год от воздействия поражающих факторов (индивидуальный комплексный риск) [5].

В общем случае выбор метода оценки риска проводится с учетом следующих основных факторов:

- целей и задач анализа риска;
- потенциальной опасности объекта анализа риска (отдельный человек или социальная группа определенной численности, элемент или система техносферы, природный объект и территория заданных размеров);
- потенциальной опасности и ущерба при переходе от нормальных (штатных) условий функционирования сложной системы «человек – объект экономики – среда жизнедеятельности» к аварийным и катастрофическим (нештатным);
- исходной детерминированной или статистической информации о реализации рисков на предшествующих стадиях функционирования указанной выше системы;
- исходной базы знаний для расчетно-экспериментального определения функционалов и параметров рисков.

Для оценки риска в сложных системах целесообразно использовать комбинированные методы, а также различные модификации указанных выше методов. При этом при оценках взаимовлияния рисков возможно применение неодинаковых подходов для каждой из составляющих рисков.

Краткий обзор методов в области оценки рисков позволяет сделать вывод об их возможном применении при разработке соответствующих нормативных правовых актов. В условиях России (огромная территория, федеративное устройство) особое значение приобретает вопрос территориального развития. Большие различия регионов России в экономической, природно-географической, климатической, социально-демографической и других областях исключают унифицированный подход к решению проблем снижения рисков и смягчения последствий ЧС в регионах и субъектах Российской Федерации. В связи с этим особую актуальность имеет проблема ранжирования территорий по вероятности возникновения ЧС.

Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что научное обеспечение деятельности в области управления риском ЧС является тем фундаментом, на котором должны разрабатываться практические мероприятия по снижению рисков и смягчению последствий ЧС. Для совершенствования нормативной и правовой базы в области управления риском ЧС необходимо продолжить фундаментальные и прикладные исследования, направленные на разработку научных и методических основ, а также внедрение в практику современных методов оценки риска ЧС и управления им.

## **Литература**

1. О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2014 году: гос. доклад. М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. 350 с.
2. Гражданская защита: Энциклопедия в 4-х т. 3-е изд., перераб. и доп. / под общ. ред. В.А. Пучкова. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2015. Т. III (П–С). 658 с.
3. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, обеспечение пожарной безопасности и безопасности людей на водных объектах: Постановление Правительства Рос. Федерации от 15 апр. 2014 г. № 300. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
4. МЧС России. URL: <http://www.mchs.gov.ru/> (дата обращения: 01.03.2016).
5. Москвичев В.В., Лепихин А.М., Тридворнов А.В. Оценка природно-техногенной опасности и риска территории Красноярского края с применением ГИС-технологий // ЖВТ. 2007. № 3. URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-prirodno-tehnogennoy-opasnosti-i-riska-territorii-krasnoyarskogo-kraya-s-primeneniem-gis-tehnologiy> (дата обращения: 01.03.2016).

# **ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННЫЕ АВАРИЯМИ НА АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯХ. ОПТИМИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ АВРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ**

**А.И. Сидорин;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Разработана методика оценки радиационной обстановки, позволяющая обосновать управленческие решения для определения состава и технического оснащения аварийно-спасательных групп. Задача решается путем анализа статистических данных и построения адекватной математической модели. В качестве объекта исследования выступает Ленинградская атомная электростанция, расположенная в г. Сосновый Бор.

*Ключевые слова:* Ленинградская атомная электростанция, радиационная обстановка, радиационно-опасный объект

## **EMERGENCY SITUATIONS CAUSED BY ACCIDENTS ON THE NUCLEAR POWER PLANT. OPTIMIZATION OF THE ADMINISTRATIVE DECISION WHEN CARRYING OUT THE WRECKING**

A.I. Sidorin; B.V. Zaborsky. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In work the technique of an assessment of a radiation situation allowing to prove administrative decisions for definition of structure and hardware of rescue groups is developed. The problem is solved by the analysis of statistical data and creation of adequate mathematical model. Quantitative values of indicators of efficiency are received. The Leningrad nuclear power plant located in Sosnovy Bor acts as object of research.

*Keywords:* Leningrad nuclear power plant, radiation situation, radiation-hazardous object

В настоящее время человек не мыслит себя без такого источника энергии, как атомное ядро. Считается, что те большие запасы энергии, которые содержатся внутри ядер, являются практически неисчерпаемыми. Однако если при сегодняшнем росте населения земного шара не будет осуществлен достаточно быстрый переход на ядерный источник энергии, то когда-нибудь настанет такое время, когда закончится природное топливо, и с этого дня история людей, населяющих нашу планету, начнет неудержимо и безвозвратно продвигаться к своему логическому завершению.

Для того чтобы реально оценить такое положение вещей, необходимо проанализировать ситуацию в области применения атомной энергии.

Атомная энергия достаточно широко используется во многих отраслях промышленности. Получение новых полимеров, определение структуры сплавов и их дефектов, исследование смазочных материалов в отдельных частях машин, холодная стерилизация перевязочных материалов и лекарственных средств и многое-многое другое осуществляется с наибольшим успехом непосредственно при участии ядерной энергии.

Атомная энергия может быть переработана в другие виды энергии, например, в электрическую энергию, необходимую для движения ледоколов или подводных лодок. Благодаря тому, что тот же ледокол оснащен ядерным реактором, он имеет возможность плавать круглый год и, следовательно, может совершать навигации в северных просторах и не дозаправляться часто природным топливом.

Медицина тоже широко и небезуспешно использует достижения в области атомной энергетики, например, при лечении тех или иных болезней, особое место среди которых занимают злокачественные образования и неопухолевые заболевания. Так, при лечении рака энергия, которая возникает при распаде радионуклидов, используемых в медицине, поражает генетический аппарат трансформированных клеток, в результате чего останавливается их рост.

В органической и неорганической химии при исследовании механизмов реакций используют метод меченых атомов. Данный метод сыграл немалую и очень важную роль в обнаружении новых закономерностей в области физики, медицины, металлургии, биологии. Например, определить генетический код ученые смогли только после появления радиоавтографического анализа.

Обзор положительных аспектов использования атомной энергии выглядит достаточно утешающим, но для оценки объективной ситуации, которая сложилась в настоящее время, нельзя не учитывать и те негативные ситуации, которые могут проявить себя при определенных условиях и привести к трагическим и непредсказуемым результатам.

Наиболее чудовищным и смертельно опасным применением энергии ядер для всего населения земного шара является развязывание атомной войны. Вспомнить хотя бы бомбардировку г. Хиросимы и г. Нагасаки в 1945 г., которая унесла 300 тыс. людских жизней. Сразу понятно опасение всего мирового сообщества перед лицом этой грозной силы. Логично, что чем больше энергия, которую используют во благо, тем больше ее может быть использовано и во зло.

С одной стороны, количество связанных с атомной энергетикой несчастных случаев на атомных электростанциях (АЭС) значительно меньше, чем в других областях деятельности человека, но, тем не менее, произошедшая несколько лет назад авария в г. Чернобыле не может не обратить особое внимание на организацию безопасной работы АЭС и защиту от неконтролируемого развития ядерной реакции. При этом стоит отметить, что несмотря ни на что количество жертв на Чернобыльской АЭС удалось значительно снизить, и это стало возможным благодаря самоотверженной работе спасателей, которые подчас, не жалея своей жизни, шли на риск во имя обеспечения нормальной жизни людей, проживавших в непосредственной близости от места трагедии.

Стремительное развитие техники и технологии, по всей вероятности, остановить невозможно, несмотря на трагические события истории прогресса, такие как авария на химзаводе в г. Бхопале, погубившая 2,5 тыс. человек, взрыв емкостей со сжиженным газом под г. Мехико, унесший 400 человек (еще более 4 тыс. были ранены), авария летательных аппаратов «Челленджер», «Титан», «Дельта». Подобные примеры убедительно и наглядно доказывают, что внедрение атомной энергетики – неизбежный процесс в период современного исторического развития общества. Замена ядерным топливом органического решит еще одну глобальную проблему экологии, которая связана с прогрессирующим загрязнением окружающей среды, уменьшением доли кислорода в воздухе и парниковым эффектом, возникшим в ходе использования нефти, мазута, угля в качестве топлива.

Аварии на радиационно-опасном объекте являются одной из самых опасных чрезвычайных ситуаций, приводящих к большим человеческим жертвам и значительному материальному ущербу. В общей сложности на десяти АЭС России эксплуатируется 35 энергоблоков установленной мощностью 26,2 ГВт. Ленинградская АЭС (ЛАЭС) – первая в стране станция с реакторами типа РБМК-1000 (реактор большой мощности канальный). В составе ЛАЭС эксплуатируются канальные реакторы кипящего типа с графитовым замедлителем и водяным теплоносителем.

ЛАЭС включает в себя четыре энергоблока. Электрическая мощность одного энергоблока – 1 000 МВт, тепловая – 3 200 МВт. Проектная выработка составляет 28 млрд кВт\ч в год. На собственные нужды станция потребляет около 8 % от производимой электроэнергии. ЛАЭС – крупнейший производитель электрической энергии на Северо-

Западе России. Станция обеспечивает более 50 % энергопотребления Санкт-Петербурга и Ленинградской области. В топливно-энергетическом балансе всего Северо-Западного региона на долю ЛАЭС приходится около 28 %. ЛАЭС является основным поставщиком тепловой энергии для населения и промышленных предприятий г. Сосновый Бор [1].

При аварии на радиационно-опасном объекте (РОО) происходит выброс долгоживущих радионуклидов в окружающую среду, что приводит к устойчивому радиоактивному заражению местности. Дезактивация – удаление радиоактивных веществ (РВ) с поверхности или из объема загрязненных объектов (техники, одежды, воды, продуктов питания и др.), кожных покровов человека и местности с целью предотвращения радиационных поражений людей и животных. Необходимость дезактивации возникает при радиоактивном загрязнении вследствие аварий на АЭС, нарушении техники безопасности при работе с радиоактивными изотопами или транспортировке радиоактивных отходов, а в военное время – в результате ядерных взрывов. Дезактивация является одним из элементов специальной обработки. Она может быть полной и частичной. Полная дезактивация проводится всеми возможными способами с использованием технических средств с целью снижения загрязненности объектов РВ до установленного уровня, не представляющего опасности поражения людей. Частичная дезактивация – это удаление РВ только из тех мест загрязненных объектов, с которыми люди соприкасаются при выполнении обязанностей, а также открытых частей тела и личной одежды. Проводится она простейшими методами (отряхивание одежды от пыли, мытье рук и лица, смывание пыли с оружия и орудий труда).

Для дезактивации используют различные методы: механический – удаление загрязненных РВ слоев, вытряхивание, отсасывание пылесосами и сметание пыли и др.; физический – обработка ультразвуком, электромагнитная сепарация, извлечение РВ растворителями и сорбентами и др.; химический – применение веществ, образующих с РВ малорастворимые комплексы, выпадающие в осадок; физико-химический – хемосорбция, коагуляция, покрытие загрязненных поверхностей полимеризующимися составами с последующим удалением образовавшейся пленки и др. На практике применяют последовательное сочетание различных методов дезактивации, например, после механического удаления основной массы РВ предметы моют растворами поверхностно-активных веществ и комплексообразователей; синтетические материалы дополнительно обрабатываются химическим методом (растворами щавелевой кислоты).

Дезактивация кожи, слизистых оболочек и волос человека затруднена ввиду того, что РВ сорбируются ими. Поэтому загрязненные кожные покровы неоднократно обрабатывают моющими средствами, сорбентами, комплексонами; слизистые оболочки промывают 2 % раствором натрия гидрокарбоната, а волосы удаляют. Для дезактивации жидкостей используют ионообменные смолы, средства для пенообразования, коагуляции, а для дезактивации воды – отстаивание, коагуляцию солями железа и алюминия и фильтрование через специальные фильтры. При дезактивации хорошо упакованных продуктов питания тщательно моют их упаковку; с неупакованных продуктов снимают верхний загрязненный слой, а малые их количества уничтожают. При загрязнении воды, продуктов питания и различных объектов быстро распадающимися РВ (с малым периодом полураспада) снижение радиоактивности происходит за счет интенсивного распада таких РВ до безопасного уровня.

В военно-полевых условиях частичная дезактивация осуществляется личным составом подразделений и частей без прекращения выполнения ими боевых задач, а полная – после выполнения задач на пунктах специальной обработки. В системе гражданской обороны частичная дезактивация проводится населением своими силами, а полная – специальными формированиями. Качество дезактивации контролируется радиометрическими приборами. Лица, осуществляющие дезактивацию, должны пользоваться индивидуальными средствами защиты, периодически подвергаться дозиметрическому контролю, а после выполнения задач – проходить санитарную обработку [2, 3].

Проанализируем статистику причин аварий на АЭС (табл. 1):

Таблица 1. Причины аварий на АЭС

Причина	%
Ошибка в проектах конструкций и их дефектах	30,7
Износ оборудования и коррозионные процессы	17,5
Ошибка оператора	14,7
Ошибка в эксплуатации реактора	14,5
Другие причины	11,6

Построим диаграмму по табл. 1, где наглядно видно, что чаще всего причиной аварии становится ошибка в проектах конструкций и их дефекты (рис. 1).

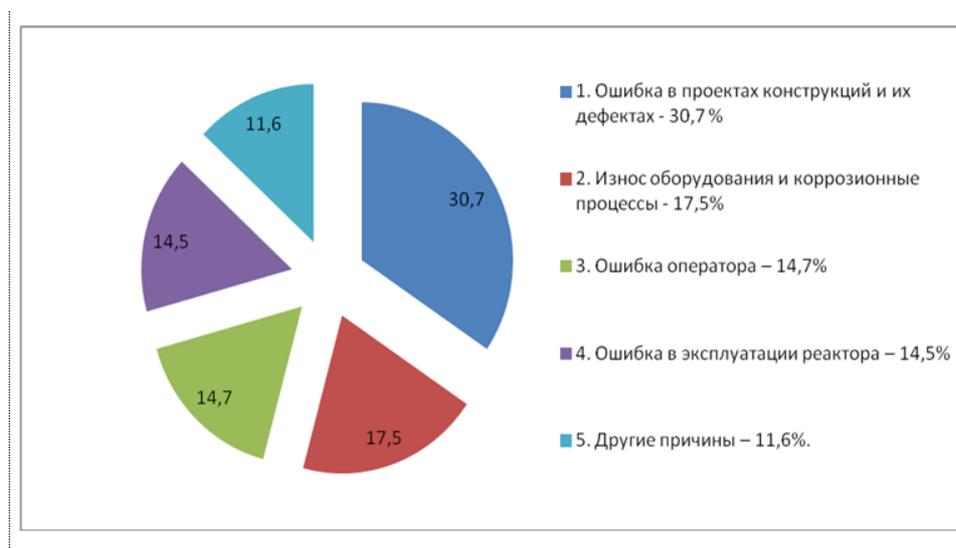


Рис. 1. Причины аварий на АЭС

При возникновении аварии на РОО главной задачей является своевременное оповещение населения и оптимизация принятия решения при проведении аварийно-спасательных работ (АСР). Это позволит сократить потери от поражающих факторов радиационной аварии. В настоящее время технологии позволяют передавать информацию на большие расстояния за считанные секунды.

Для оценки возможностей в этом вопросе было решено провести математическое моделирование аварии на РОО, то есть смоделировать данную аварию на ЛАЭС. Создание математической модели позволит наглядно оценить все факторы аварии и поможет сформировать правильное управленческое решение. Так создание модели позволит менять факторы, влияющие на развитие последствий аварии, а также по-разному оценивать развитие той или иной ситуации. Самым крупным городом, расположенным вблизи ЛАЭС, является Санкт-Петербург, поэтому особое внимание уделяется именно ему. Ключевым в данной ситуации будет скорость и направление ветра, а так же мощность взрыва. Именно эти факторы влияют на размеры зон заражения, а так же на направление радиоактивного облака. В зависимости от разных исходных условий события будут развиваться по-разному. Для решения поставленной задачи были получены необходимые сведения. А именно: получена статистика скорости ветра (рис. 2), направление ветра (рис. 3), солнечные, облачные и пасмурные дни (рис. 4) в г. Сосновый бор за последние 5 лет в зависимости от времен года [4]. По данной статистике основным направлением ветра является юго-восточный (Ю-В), поэтому радиационное облако будет уходить в сторону Финского залива.

Скорость ветра		Направление ветра		Метеоусловия	
Месяц	v ветра, м/с	Месяц	Направление	Месяц	Погода
Январь	3,06	Январь	Ю-В	Январь	Пасмурно
Февраль	3,0625	Февраль	Ю-В	Февраль	Пасмурно
Март	2,357	Март	Ю-В	Март	Облачно
Апрель	2,03	Апрель	Ю-В	Апрель	Облачно
Май	2,425	Май	Ю-В	Май	Солнечно
Июнь	2,76	Июнь	Ю-В	Июнь	Солнечно
Июль	2,54	Июль	Ю-В	Июль	Солнечно
Август	2,7	Август	Ю	Август	Солнечно
Сентябрь	2,9	Сентябрь	Ю-В	Сентябрь	Облачно
Октябрь	3,04	Октябрь	Ю	Октябрь	Облачно
Ноябрь	3,48	Ноябрь	Ю	Ноябрь	Пасмурно
Декабрь	3,16	Декабрь	Ю-В	Декабрь	Пасмурно

Рис. 2. Скорость ветра

Рис. 3. Направление ветра

Рис. 4. Метеоусловия

Составим математическую модель «запроектной» аварии [5], которая произошла в летнее время в 12:00 с исходными данными:  $m=15$  т,  $v=2,6$  м/с, переменная облачность, расстояние до СПб  $\approx 50$  км, направление ветра Ю-В.

Расчет размера зоны заражения определяется по формулам [6]:

$$L''=L*\sqrt{(m'*v_b')/(m*v_b)} \text{ и } B''=B*\sqrt{(m'*v_b')/(m*v_b)},$$

где  $L$  – длина зоны заражения;  $B$  – ширина зоны заражения;  $m'$  – табличное значение массы радиоактивного выброса для запроектной аварии;  $v_b$  – табличное значение скорости ветра для запроектной аварии;  $m$  и  $v_b$  – реальная масса и скорость ветра соответственно.

Для реактора типа РБМК-1000 характерны четыре зоны заражения. На основе математического моделирования получены следующие данные: длина зоны заражения от слабого до опасного уровня составила соответственно: 305,72 км; 84,9 км; 20,376 км; 6,792 км. Ширина зон от слабого до опасного соответственно: 20,38 км; 4,528 км; 0,79 км; 0,679 км.

Полученные расчетные значения параметров зон заражения позволяют решить задачу оптимизации структуры и организации АСР. С помощью математической модели можно изменить направление и скорость ветра, что приведет к другим управленческим решениям. Так, если принять направление ветра Ю-З, то время подхода облака к границе города рассчитаем в соответствии с формулой [6] и оно будет приближенно равно 4 ч 25 мин.:

$$\tau_{\text{подх}}=CR/v_b,$$

где  $C$  – коэффициент, зависящий от степени вертикальной устойчивости атмосферы, равный 0,13 при инверсии, 0,23 – при изотермии и 0,24 – при конвенции;  $R$  – расстояние от объекта до эпицентра выброса, км;  $V_b$  – скорость движения воздуха на высоте 10 м, км/ч.

Санкт-Петербург попадает в зону сильного заражения. В соответствии с этим проинтерполируем между границами слабого и сильного заражения значение радиации в городе и получим  $P=8,2 * 10^{-3}$  Гр/ч.

Заметим, что по имеющейся статистике (рис. 3) направление ветра чаще южный (Ю) – Ю-В, поэтому радиационное облако пойдет на север (С) – северо-запад (С-З) и по ширине фронта не затронет Санкт-Петербург.

Кроме того, следует иметь в виду, что выброс основной массы радионуклидов продолжается около 10 дней. Произведем расчет дозы облучения за 10 сут по формуле [6]:

$$D=80*P,$$

где 80 – коэффициент для расчета дозы облучения за 10 сут;  $P$  – уровень радиации в городе. Получим  $D=656$  мГр.

Учитывая защищенность населения города и персонала предприятий от радиационного воздействия при нахождении в защитных укрытиях, жилых домах и производственных зданиях:

$$D_{\text{полг}}=D_{240\text{ч}}/8,$$

получим  $D_{\text{полг}}=656/8=82$  мГр.

Поскольку нижний предел критерия принятия решения при возникновении аварии на РОО [6] равен 50 мГр, а полученное значение равно 82 мГр, то должно быть принято решение об эвакуации населения.

### **Литература**

1. Атомные электростанции России // РОСЭНЕРГОАТОМ. URL: [http://www.rosenergoatom.ru/stations\\_projects/russian\\_nuclear/](http://www.rosenergoatom.ru/stations_projects/russian_nuclear/) (дата обращения: 17.12.2015).
2. Голубев Б.П. Дозиметрия и защита от ионизирующих излучений. М., 1986.
3. Защита от оружия массового поражения / А.Н. Калитаев [и др.]. М., 1984.
4. Статистика городов России. URL: [http://www.atlas-yakutia.ru/weather/spravochnik/wdsp/climate\\_sprav-wdsp\\_2289702910.php/](http://www.atlas-yakutia.ru/weather/spravochnik/wdsp/climate_sprav-wdsp_2289702910.php/) (дата обращения 17.12.2015).
5. О радиационной безопасности населения: Федер. закон Рос. Федерации от 9 янв. 1996 г. № 3. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
6. Мастрюков Б.С. Опасные ситуации техногенного характера и защита от них: учеб. М.: Изд. центр «Академия», 2009. 320 с.



---

---

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

---

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ИДЕНТИФИКАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РАДИАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА РАДИАЦИОННО-ЗАГРЯЗНЕННОЙ МЕСТНОСТИ

**Е.Е. Куницына;**

**Р.А. Возгрин, кандидат технических наук.**

**Научно-исследовательский центр безопасности технических систем  
12 центрального научно-исследовательского института Министерства  
обороны Российской Федерации.**

**С.Ю. Николашин, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлен метод идентификации радионуклидов с использованием жидкосцинтилляционных счетчиков. Выполнена оценка программных методов идентификации радионуклидов при расшифровке сложных аппаратурных спектров.

*Ключевые слова:* радионуклид, аппаратурные спектры, уровень активности, методы идентификации

## JUSTIFICATION OF THE METHOD OF IDENTIFICATION OF RADIONUCLIDES IN CONDUCTING OPERATIONAL RESEARCH ON RADIATION-CONTAMINATED AREAS

E.E. Kunitsyna; R.A. Vozgrin. Research centre of security of technical systems 12 Central research institute of the Ministry of defence of the Russian Federation.

S.Yu. Nikolashin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This paper presents a method of identifying radionuclides using a liquid scintillator counter. Evaluated software methods for the identification of radionuclides at deciphering complex measured spectra.

*Keywords:* radionuclide, instrumental spectra, levels of activity, methods of identification

Современные жидкосцинтилляционные счетчики (ЖСС), комплектуемые стандартным программным обеспечением, позволяют количественно определять, как правило, один известный радионуклид, выделенный из смеси радиохимическими методами или изначально используемый в качестве радиоактивной метки. Кроме того, эффект тушения, вызванный влиянием состава счетного образца на сцинтиллятор, вызывает деформацию спектра. Из-за этого разбиение на энергетические интервалы для проб

с различным тушением становится некорректным и требуется новая калибровка. Таким образом, сложные аппаратные спектры, полученные на ЖСС счетчиках, с помощью традиционных подходов разрешить не удается.

Специалисты Московского научно-производственного объединения «Радон» разработали новый подход к расшифровке сложных спектров, позволяющий в большинстве случаев намного ускорить и удешевить процесс получения оперативной информации при проведении радиационного мониторинга и контроля.

Разработанный подход был тестирован практически на всех моделях доступных ЖСС («TRI-CARB» (США), «Quantulus», «Guardian», «Triathler» (Финляндия), «СКС-07П» (Россия) и др. и выявил уникальную способность одновременного определения большого числа радионуклидов в сложных смесях с различными соотношениями активностей без радиохимического выделения индивидуальных компонентов, включая случаи, когда активности высокоэнергетических компонентов превышают активности низкоэнергетических [1, 2].

Для того чтобы ЖСС счетчик работал в режиме спектрометра, а именно имел возможность одновременного определения в анализируемом образце большого количества радионуклидов с различными уровнями активности, необходимо создание программного обеспечения по расшифровке непрерывных спектров, базирующееся на соответствующей аналитической базе и позволяющее моделировать форму аппаратного спектра спектрами отдельных радионуклидов. Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– формирование библиотеки образцовых спектров наиболее распространенных  $\alpha$ -,  $\beta$ - излучающих радионуклидов путем проведения серий измерений стандартных аттестованных растворов изотопов при различных параметрах тушения;

– разработка программных средств расшифровки непрерывных аппаратных спектров смесей радионуклидов и апробация на модельных системах с различным соотношением радионуклидных компонентов.

### Формирование библиотеки радионуклидов [3]

Для каждого из анализируемых радионуклидов из образцовых растворов готовят серии из 10–12 измерительных флаконов с одинаковым количеством радиоактивной метки (50–1500 Бк/пробу). В каждый из флаконов, начиная со второго, вносят возрастающее количество (от 5 до 180 мкл) химического тушителя четыреххлористого углерода ( $CCl_4$ ), после чего измеряют всю серию на ЖСС «TRI-CARB 2750 TR/LL» в нормальном режиме измерения (в зависимости от активности радионуклида) с записью всех спектров в радионуклидную библиотеку. При этом каждому значению параметра тушения ( $tSIE$ ) соответствует определенная эффективность регистрации радионуклида (кривая тушения). В созданной библиотеке все спектры нормированы к единичной активности и свернуты в группы по запатентованному алгоритму.

Алгоритм сворачивания аппаратных спектров в группы – квазиарифметическая прогрессия с граничными значениями  $N_k$ :

$$N_{k+1} = N_k + [(k+1)/2], \quad k=1, \dots, K,$$

где  $k$  – номер группы;  $K$  – число групп.

Формула сворачивания выглядит при этом следующим образом:

$$G_k = \frac{1+k}{[(1+k)]/2} \sum_{i=N_k}^{N_{k+1}-1} P_i, \quad k=1, 2, \dots,$$

где  $G_k$  – групповой спектр;  $P_i$  – аппаратный.

## Разработка программного обеспечения расшифровки непрерывных спектров для ЖСС «TRI-CARB 2750 TR/LL» [4]

В программе расшифровки используют процесс моделирования аппаратного спектра пробы спектрами отдельных радионуклидов из созданной библиотеки при заданном значении параметра тушения, то есть создается некоторый модельный спектр, представляющий собой сумму элементарных спектров отдельных изотопов ( $M_{ij}, j=1, 2, \dots, J$ ) с весовым коэффициентом  $c_j$ , который максимально приближен к аппаратному спектру пробы ( $P_i, i=1, \dots, N$ ). Для определения малой активности альфа-излучающих нуклидов в пробах на фоне радионуклидов с большой активностью применяют следующий алгоритм минимизации модельного спектра от спектра пробы:

$$\sum_{i=1}^N \left( \frac{P_i - \sum_{j=1}^J c_j M_{ij}}{\min \left( P_i, \sum_{j=1}^J c_j M_{ij} \right) + \delta} \right)^2 + f_{pen}(c_1, c_2, \dots, c_J) = \min,$$

где  $i$  – номер канала многоканального анализатора ЖС-спектрометра;  $N$  – число каналов;  $j$  – индекс радионуклида;  $J$  – количество используемых радионуклидов;  $\delta$  – коэффициент устойчивости процесса минимизации;  $f_{pen}(c_1, c_2, \dots, c_J)$  – штрафная функция;  $\sum_{j=1}^N M_{ij} = 1$ ,

$$\sum_{j=1}^N P_j = 1.$$

Выбор коэффициента одновременно влияет как на устойчивость решения (чем больше  $\delta$ , тем лучше устойчивость), так и на чувствительность метода определения низких активностей на фоне общей активности (чем больше  $\delta$ , тем хуже эта чувствительность). При расчете сначала выбирается большая величина коэффициента  $\delta$ , находится минимум. Далее  $\delta$  уменьшается и процесс минимизации повторяется. При этом исходными значениями вкладов  $c_j$  для каждого следующего шага являются результаты предыдущего шага. Расчет останавливается, когда процесс минимизации становится неустойчивым. На первом шаге определяются нуклиды с самой высокой активностью, а на каждом последующем шаге увеличивается вес низлежащих областей спектра при сохранении результатов предыдущего шага. Такой алгоритм позволяет свести к минимуму основную проблему задачи минимизации – неоднозначность решения, возможность нахождения недействительного минимума. Программа расшифровки обеспечивает:

- возможность разделения  $\alpha$ -,  $\beta$ - излучающих радионуклидов;
- разделение программными средствами пар радионуклидов с близкими граничными (средними) энергиями излучения в спектре при их соотношении по активности до одного порядка, разделение смесей радионуклидов с различными энергиями при градиенте активностей до двух порядков;
- автоматизированный расчет активностей компонентов спектра с учетом показателя тушения счетного образца;
- отображение результатов измерений и обработка в режиме реального времени;
- представление спектров в графическом виде всех спектров (аппаратного, модельного и всех его составляющих);
- представление отчета о результатах обработки в табличном и графическом виде.

Пример представления результатов показан на рис. 1, 2.

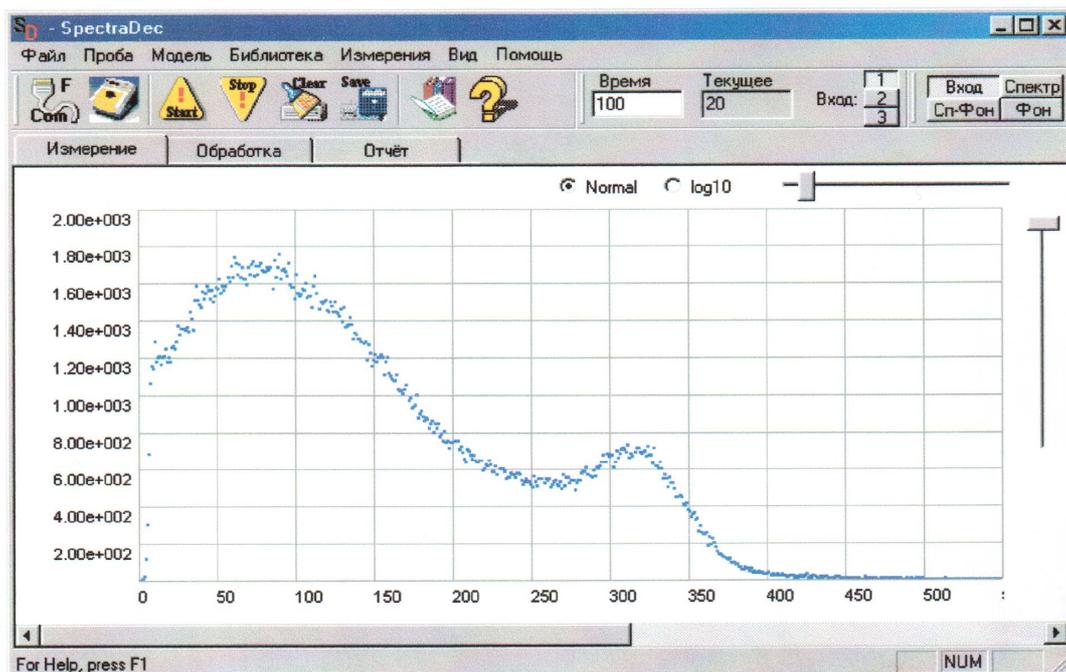


Рис. 1. Аппаратный спектр измерения активности

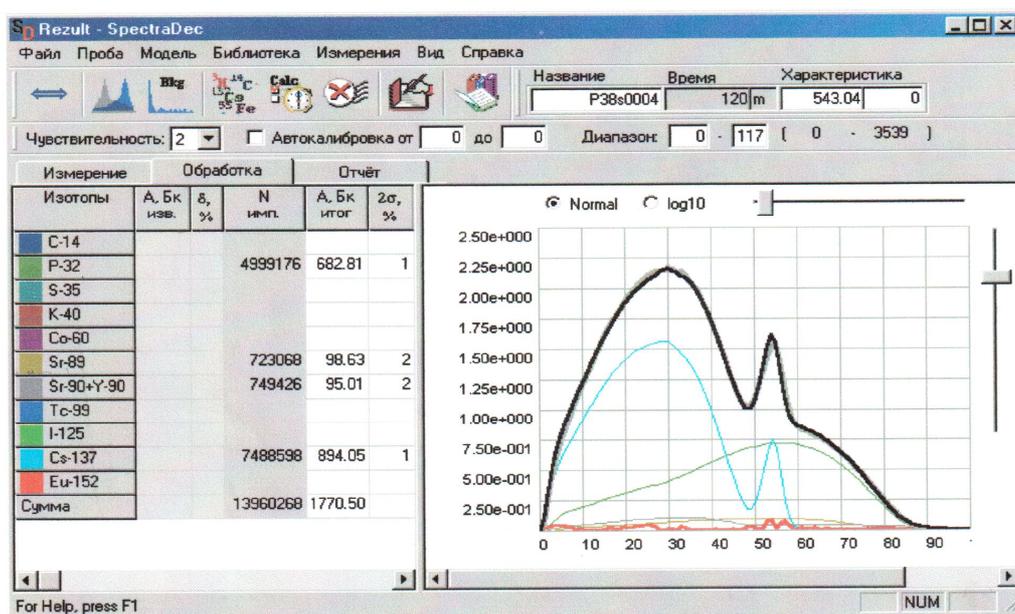


Рис. 2. Графическое представление расшифровки спектра и расчет активности отдельных радионуклидов

### Применение программных методов идентификации радионуклидов на базе Лаборатории радиационного контроля

Для нужд Лаборатории радиационного контроля (ЛРК) разработано программное обеспечение, позволяющее идентифицировать в пробах следующие радионуклиды:



Данный метод успешно применяется при исследовании элементного состава радиоактивных загрязнений местности в соответствии с требованиями [5]. Ранее исследование элементного состава загрязнений проводилось на основании классических методов радиохимического выделения отдельных радионуклидов из смеси в соответствии с требованиями соответствующих методик [6–8].

В качестве примера сравнительного анализа различных методов радионуклидного анализа приведены результаты исследования пробы грунта со сложным радионуклидным составом:

1. Определение активности альфа-, бета- излучающих радионуклидов на радиометре TRI-CARB 2750 TR/LL с помощью программного обеспечения Spectra Dec.

На рис. 3 приведен результат расшифровки непрерывного спектра альфа-, бета- излучения, полученного при измерении.

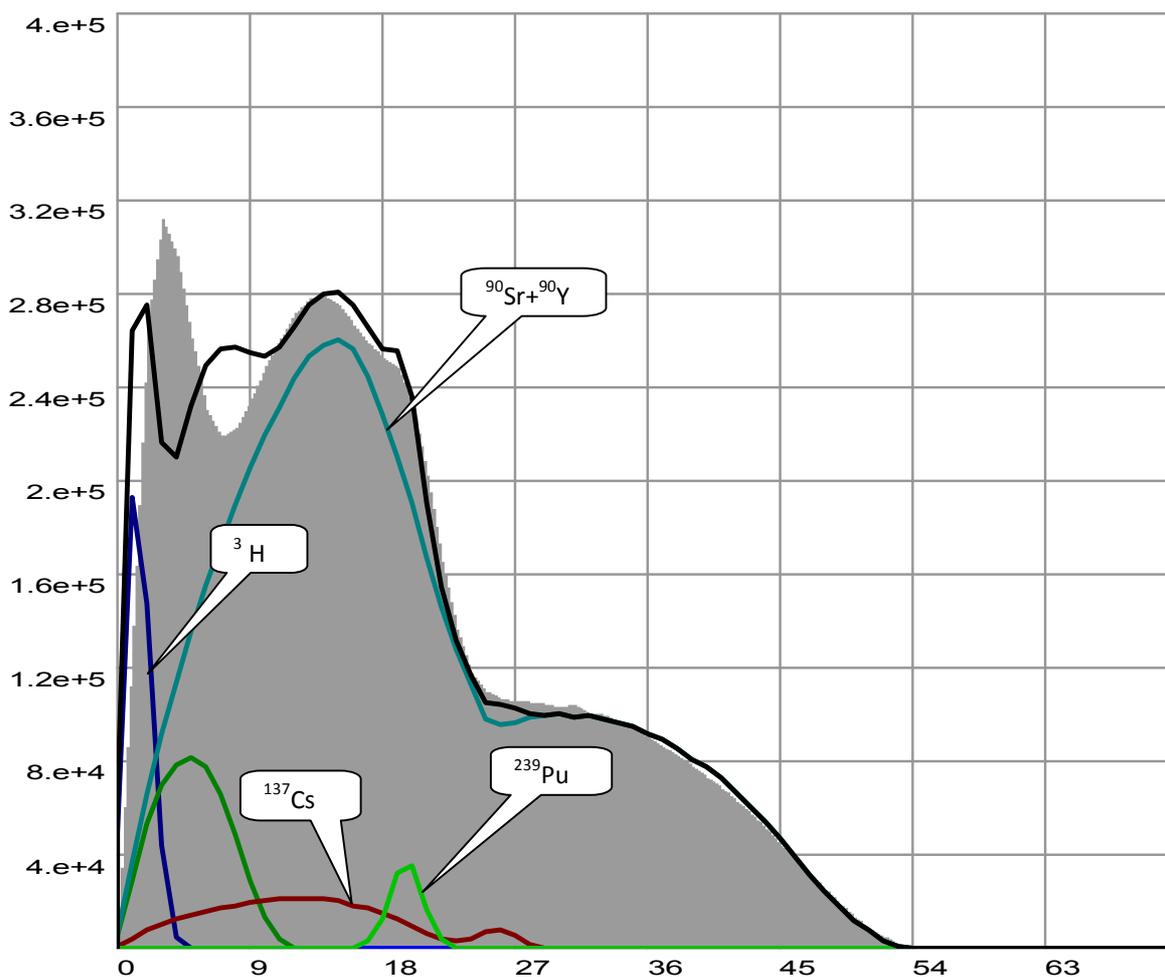


Рис. 3. Спектр альфа-, бета- излучения счетного образца пробы

В табл. 1 – количественная оценка удельной активности обнаруженных радионуклидов расчет получен в соответствии с требованиями методики выполнения измерений (МВИ) [5].

Таблица 1. Результаты определения активности альфа-, бета- излучающих радионуклидов

Проба	(грунт)	–	–	(Spectra Dec)
Шифр пробы:	P11S0004.201.1	–	–	–
Время измерения, с	10 800	–	–	–
Масса (объем)	2,5 г (мл)	–	–	–
tSIE	148	–	–	–
Изотопы	Кол-во импульсов	Активность, Бк	Активность, Бк/кг (л)	Погрешность, %
H-3	440 385	306	1,53e+5	1,8
C-14	560 880	64,2	3,21e+4	1,4
Sr-90+Y-90	6 285 621	596	1,98e+5	0,13
Cs-137	367 299	30,5	4,52e+4	–
U-234	–	–	7,3e+2	–
U-235+Th-2	–	–	8,9e+2	–
U-238	–	–	2,5e+2	–
Pu-239	108 465	9,75	4,88e+3	7
Сумма	7 762 651	1,01e+3	5,03e+5	–

2. Определение активности радионуклидов Sr-90+Y-90 после радиохимического выделения с последующим измерением на радиометре TRI-CARB 2750 TR/LL.

Предварительное радиохимическое выделение радионуклидов Sr-90+Y-90 проведено методом экстракционной хроматографии. На рис. 4 приведен результат расшифровки непрерывного спектра, полученного при измерении. В табл. 2 – количественная оценка удельной активности выделенных радионуклидов Sr-90+Y-90 в соответствии с требованиями МВИ [2].

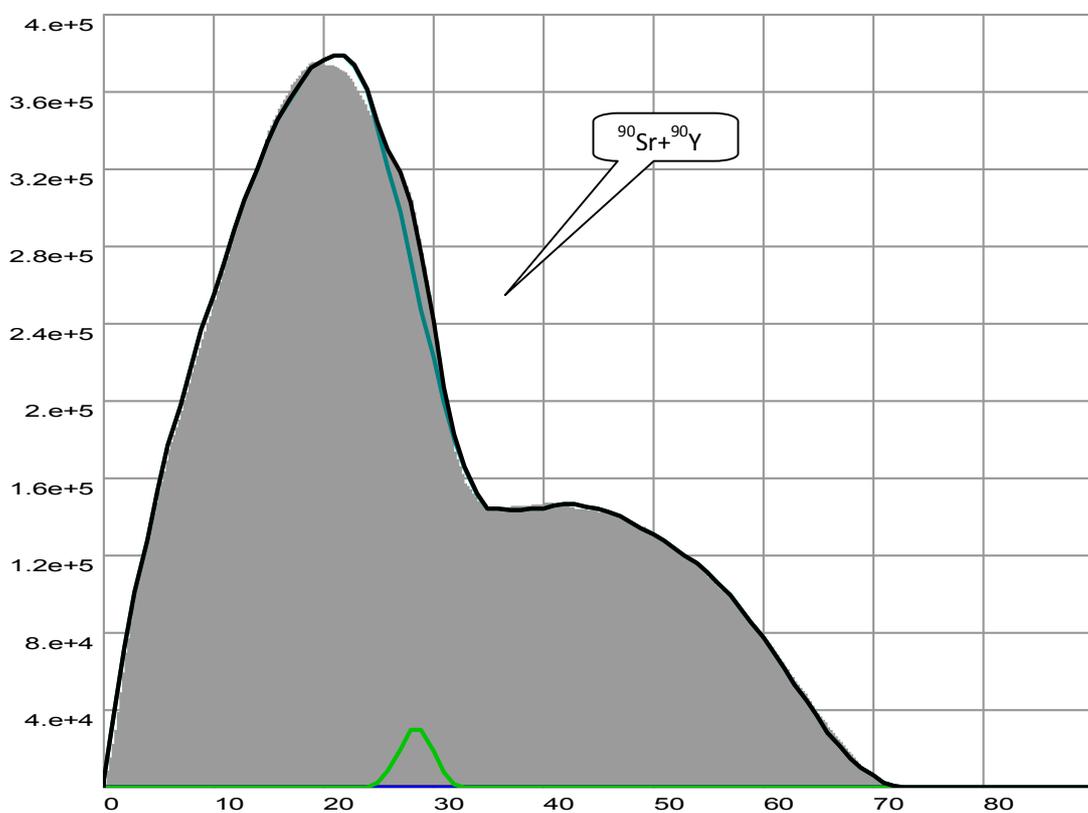


Рис. 4. Спектр бета-излучения счетного образца пробы

Таблица 2. Результаты определения активности бета-излучающих радионуклидов Sr-90+Y-90

Проба	(грунт)	–	–	–
Шифр пробы:	P11S0004.204.2	–	–	–
Время измерения, с	10 800	–	–	–
Масса (объем)	2,5 г (мл)	–	–	–
tSIE	226	–	–	–
Изотопы	Кол-во импульсов	Активность, Бк	Активность, Бк/кг (л)	Погрешность, %
H-3	–	–	< 1.e+3	–
C-14	–	–	< 3.e+2	–
Sr-90+Y-90	12 523 102	1,17e+3	1,69e+5	8e-00
Cs-137	367 299	–	< 2,4e+2	–
U-234	–	–	< 2,7e+2	–
U-235+Th-2	–	–	< 3,2e+2	–
U-238	–	–	< 90	–
Pu-239	125 373	11,3	1,63e+3	8
Сумма	12 648 476	1,18e+3	1,71e+5	–

3. Определение активности гамма-излучающих радионуклидов на полупроводниковом гамма-спектрометре.

На рис. 5 приведен результат расшифровки дискретного спектра гамма-излучения, полученного при измерении. В табл. 3 – количественная оценка удельной активности обнаруженных радионуклидов в соответствии с требованиями МВИ [3].

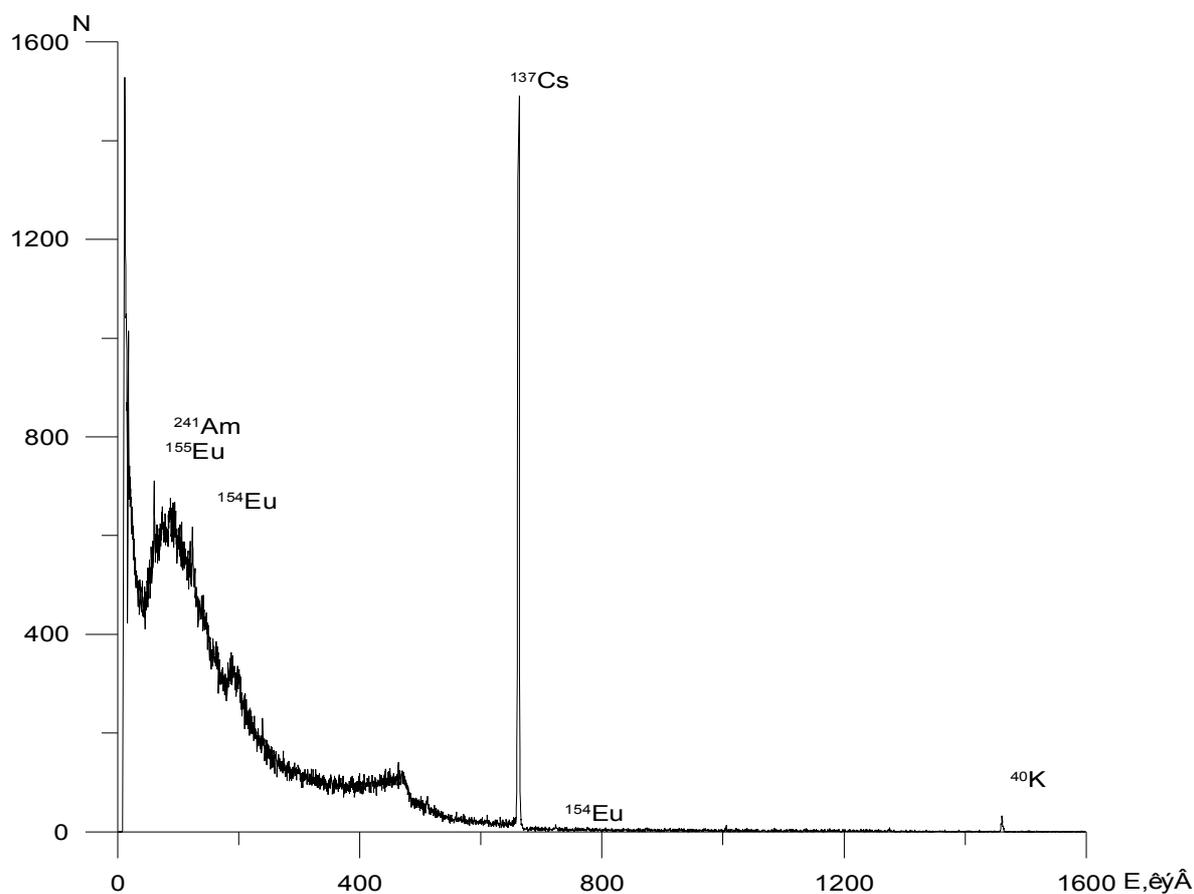


Рис. 5. Спектр гамма-излучения счетного образца пробы

Таблица 3. Результаты измерения активности гамма-излучающих радионуклидов

Радионуклид	Период полураспада, лет	Активность в пробе, Бк	Масса пробы, г	Удельная активность, Бк/кг
$^{137}\text{Cs}$	30,17	$1100 \pm 50$	160,2	$6860 \pm 340$
$^{241}\text{Am}$	432,20	$42,6 \pm 5,0$	–	$266 \pm 30$
$^{154}\text{Eu}$	8,59	$12,9 \pm 4,0$	–	$82 \pm 24$
$^{155}\text{Eu}$	4,73	$12,0 \pm 4,0$	–	$80 \pm 24$

4. Определение активности радионуклидов плутония-239 после радиохимического выделения с последующим измерением на радиометре TRI-CARB 2750 TR/LL.

Предварительное радиохимическое выделение радионуклидов плутония-239 проведено методом ионообменной хроматографии. На рис. 6 приведен результат расшифровки дискретного спектра, полученного при измерении. В табл. 4 – количественная оценка удельной активности выделенных радионуклидов плутония-239 в соответствии с требованиями МВИ [4].

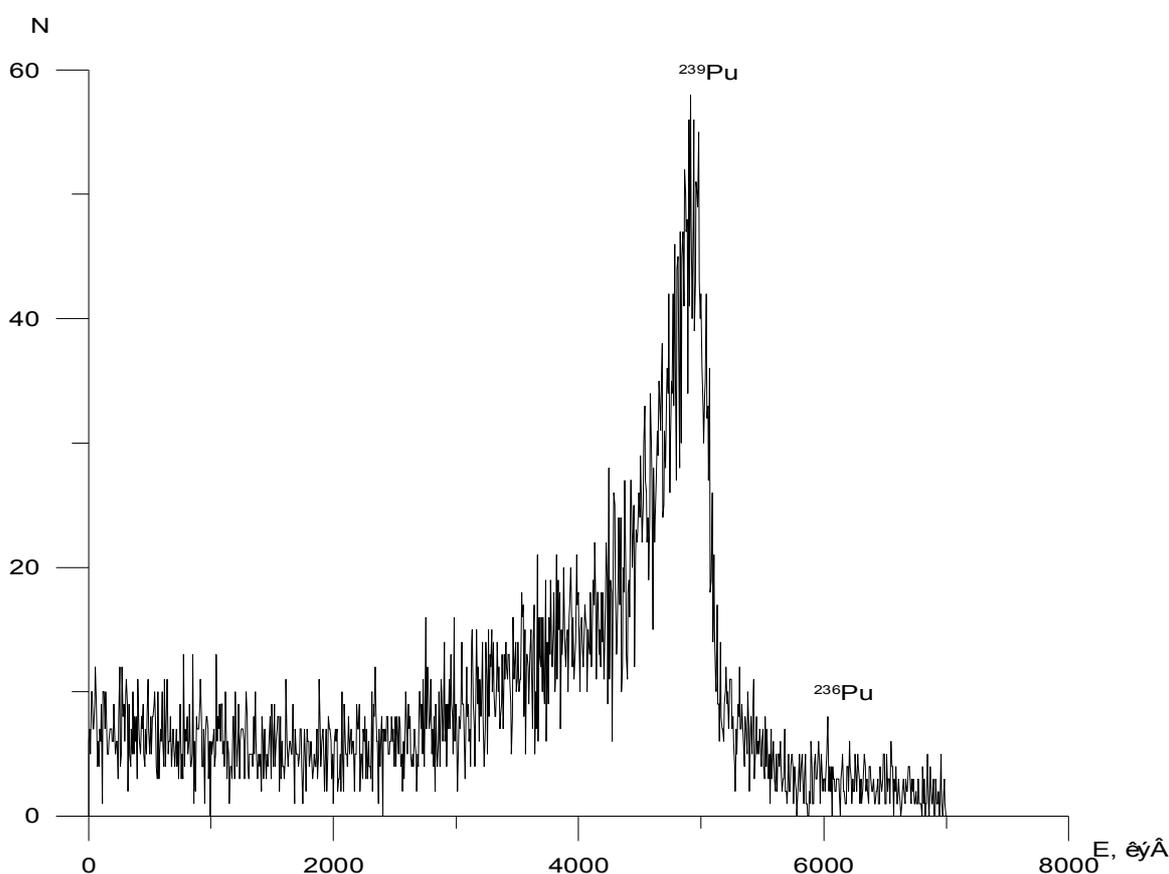


Рис. 6. Спектр альфа-излучения счетного образца пробы

Таблица 4. Результаты измерения активности альфа-излучающих радионуклидов плутония-239

Радионуклид	Период полураспада, лет	Активность в пробе, Бк	Масса пробы, г	Удельная активность, Бк/кг
$^{239}\text{Pu}$	$2,411 \cdot 10^4$	$4,5 \pm 1,5$	1,0	$4,5 \cdot 10^3$

Анализируя количественные оценки содержания радионуклидов техногенного происхождения ( $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{239}\text{Pu}$ ) в пробе, следует отметить достаточно удовлетворительную сходимость результатов в рамках методической погрешности, заявленной в методиках выполнения измерений, некоторое расхождение результатов связано с ограничениями, указанными разработчиками программного обеспечения Spectra Dec выше (табл. 5).

Таблица 5. Сравнительные данные программного и радиохимического методов исследования

Методы исследования	Содержание радионуклидов в пробе, Бк/кг		
	$^{137}\text{Cs}$	$^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$	$^{239}\text{Pu}$
программный	$4,52 \cdot 10^4$	$1,98 \cdot 10^5$	$4,88 \cdot 10^3$
радиохимический	$6,8 \cdot 10^4$	$1,69 \cdot 10^5$	$4,5 \cdot 10^3$

Применение программных методов для первичной оценки содержания радионуклидов в различных пробах представляется весьма эффективным, учитывая следующие особенности радиохимических методов:

- высокие трудозатраты;
- длительность радиохимической пробоподготовки перед измерением;
- использование дорогостоящих химических реактивов;
- требование высокой квалификации специалистов в области радиохимии, радиометрии и спектрометрии;
- наличие в лаборатории аппаратуры, регистрирующей отдельные виды излучения (гамма-спектрометр, бета-радиометр, ионизационная альфа-камера). Однако наиболее точным является радиохимический метод.

### Выводы

Комплексное использование двух методов радионуклидного исследования в пробах является наиболее эффективным, так как позволяет решить следующие задачи:

- при применении программного метода исследования дает возможность проведения экспресс-анализа в сжатые сроки, исключая радиохимическое выделение отдельных радионуклидов, что сокращает время исследования и позволяет увеличить число анализируемых проб;
- возможности базовой программы позволили расширить круг исследуемых  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучающих радионуклидов, обнаружить в пробе большое содержание  $^3\text{H}$ ,  $^{14}\text{C}$ , а также природные радионуклиды;
- базовая программа позволяет «подгружать» другие радионуклиды в состав библиотеки радионуклидов (в зависимости от задачи исследования);
- уточнение результатов гамма-спектрометрического анализа для радионуклидов, имеющих  $\alpha$ -,  $\beta$ -излучение (в частности  $^{137}\text{Cs}$ );
- радиохимическое выделение выявленных при идентификации радионуклидов, очистка и более точное определение их активности (при необходимости);
- сопоставимость результатов определения активности  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -излучающих радионуклидов, полученных двумя независимыми методами, подтверждает достоверность полученных результатов.

## Литература

1. Способ идентификации радионуклидов в пробах с использованием жидкостного сцинтилляционного счетчика: пат. 2132074 Рос. Федерация; заявитель и патентообладатель МосНПО «Радон»; заявл. 03.04.98; опубл. 20.06.99. FREEPATENT. URL: [www.freepatent.ru](http://www.freepatent.ru) (дата обращения: 12.11.15).
2. Способ идентификации радионуклидов в пробах с использованием жидкостного сцинтилляционного счетчика: пат. 2120646 Рос. Федерация; заявитель и патентообладатель МосНПО «Радон»; заявл. 08.12.97; опубл. 20.10.98. FREEPATENT. URL: [www.freepatent.ru](http://www.freepatent.ru) (дата обращения: 12.11.15).
3. Формирование библиотеки радионуклидов для ЖСС «TRI-CARB 2750 TR/LL: отчет. М.: ГУП Мос НПО «Радон», 2008. 10 с.
4. Разработка программного обеспечения для обработки спектров жидко-сцинтилляционного спектрометра модели «TRI-CARB 2750 TR/LL: отчет. М.: ГУП Мос НПО «Радон», 2008. 10 с.
5. Методика выполнения измерений удельной активности альфа-, бета-излучающих нуклидов в пробах объектов окружающей среды на основе программного обеспечения Spectra Dec Мос НПО «Радон». СПб.: НИЦ БТС 12 ЦНИИ Минобороны России, 2015. 27 с.
6. Методика выполнения измерений удельной активности радионуклидов стронция-89, 90 в пробах окружающей среды и специальных сорбентах. СПб.: НИЦ БТС 12 ЦНИИ Минобороны России, 2008. 24 с.
7. Методика выполнения измерений активности и определения состава гамма-излучающих нуклидов в пробах почв и сыпучих материалов окружающей среды. СПб.: НИЦ БТС 12 ЦНИИ Минобороны России, 2008. 68 с.
8. Методика выполнения измерений удельной активности 238, 239+240Pu в пробах окружающей среды и специальных сорбентах с использованием ионообменной хроматографии. СПб.: НИЦ БТС 12 ЦНИИ Минобороны России, 2009. 35 с.
9. Результаты проведения специального комплексного учения с использованием ЕАСИ: НТО. СПб.: НИЦ БТС 12 ЦНИИ Минобороны России, 2013. 135 с.

## НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ПОДВИЖНОМ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

**И.В. Дорошенко;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложен алгоритм, учитывающий действительную высоту пролившейся жидкости в случае полного разрушения цистерны с разбросом содержимого аварийно химически опасного вещества. В качестве объекта исследования выступают аварии на подвижных химически опасных объектах.

*Ключевые слова:* аммиак, химически опасный объект, аварийно химически опасное вещество, высота пролившейся жидкости

## SOME ASPECTS OF THE SITUATION IN THE ASSESSMENT OF CHEMICAL DISASTER ON THE MOBILITY OF CHEMICALLY DANGEROUS OBJECTS

I.V. Doroshenko; B.V. Zaborsky.

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

The algorithm takes into account the actual height of the spilled liquid in the event of total destruction of the tank with a range of content of poisonous substances. As the object of the study is accident on mobile chemically hazardous objects.

*Keywords:* ammonia, chemically dangerous object, under abnormal condition-chemically dangerous substance, height of the liquid spilled

Возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС), обусловленных химическими авариями и катастрофами, является вполне реальным в сегодняшних условиях. С учетом прогресса в химической промышленности произошло возрастание техногенных опасностей, связанных с авариями (разрушениями) на химически опасных объектах (ХОО) и при транспортировке аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

Согласно статистике за 2010–2015 гг., количество аварий на ХОО имеет тенденцию к уменьшению их появления (табл. 1).

Таблица 1. Статистика аварий с выбросом АХОВ за 2010–2015 гг.

Год	Кол-во аварий с выбросом АХОВ	Пострадало	Погибло
2010	4	8	8
2011	1	113	0
2012	2	24	3
2013	6	34	2
2014	0	0	0
2015	1	0	0

Однако еще сохраняется высокая потенциальная возможность их проявления, связанная с возможным осуществлением террористических актов в крупных населенных пунктах.

Несмотря на то, что в последние годы проводятся мероприятия по повышению безопасности (размещение ХОО за границей населенных пунктов, вдали от селитебной ее части, уменьшение количества АХОВ и т.д.), большинство ХОО располагаются или перемещаются вблизи проживающего вокруг них населения и тем самым представляют значительную потенциальную угрозу людям и окружающей природной среде.

Согласно данным, приведенным Федеральной службой государственной статистики [1], ежегодно в России автомобильным транспортом перевозится порядка 68 % общего объема грузооборота (табл. 2).

Таблица 2. Перевозки грузов по видам транспорта (млн т)

Транспорт/год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
всего	7749	8337	8519	8264	7982	7465
в том числе по видам:						
железнодорожный	1312	1382	1421	1381	1364	1218
автомобильный	5236	5663	5842	5635	5406	5039
трубопроводный	1061	1131	1096	1095	1077	1071
морской	37	34	18	17	15	18
внутренний водный	102	126	141	135	119	118
воздушный	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,1

Причем доля опасных грузов в общем объеме грузовых перевозок постоянно растет и в настоящее время составляет свыше 20 % или около 800 млн т. в год. Из них 65 % приходится на долю автомобильного транспорта [2]. Поэтому в данной работе рассматриваются только такого типа подвижные ХОО.

Безусловно, наиболее проблемным вопросом в области перевозок является снижение их аварийности. Россия по этому показателю не отстает от других экономически развитых государств, однако ситуация во многом осложняется:

- повышением транспортных объемов перевозок;
- значительным количеством транспорта с АХОВ, которые постоянно находятся в непосредственной близости от промышленных предприятий и жилых массивов, что создает повышенную угрозу возникновения ЧС с особо тяжелыми последствиями;
- не соблюдением правил перевозок опасных грузов;
- не соблюдением правил дорожного движения другими участниками движения, вследствие чего возникают дорожно-транспортные происшествия.

Статистика последних 10–15 лет показывает, что от 50 до 70 % совершаемых террористических актов связано с транспортом, при этом за последние годы в мире произошел существенный рост их количества в отношении объектов транспорта, пассажиров и персонала. Во многом это связано с уязвимостью транспортной системы из-за ее относительной доступности, использованием транспорта для перевозки или доставки опасных грузов, а также значительным общественным резонансом и тяжестью последствий – большими человеческими жертвами и экономическим уроном [3].

Самые серьезные террористические акты последнего времени произошли на транспорте или совершенные с помощью транспорта: атака в 2001 г. Всемирного торгового центра в г. Нью-Йорке; взрывы электричек в Испании; захват и взрыв самолетов в 2004 г. в России; теракты в токийском, мадридском, московском и лондонском метро; подрыв вагона поезда «Невский экспресс» на железнодорожной магистрали Москва-Санкт-Петербург; взрыв пассажирского автобуса в 2013 г. в г. Волгограде; взрыв автомобиля у поста ДПС в Дербентском районе Дагестана в феврале 2016 г.

По расчетам экспертов затраты на предупреждение аварий во много раз меньше по сравнению с величиной ущерба, к которому они приводят в случае возникновения. Поэтому во всем мире вопросам безопасности химических производств придается очень большое значение.

При прогнозировании последствий аварий на подвижных ХОО следует рассматривать наиболее возможные варианты:

- образование пробоины (трещины) в днище цистерны;
- образование пробоины в боковой части цистерны;
- разрушение полностью цистерны с разбросом содержимого АХОВ.

Для успешного решения задач по предупреждению и ликвидации аварии на подвижных ХОО необходимо заблаговременное тщательное планирование осуществления профилактических мероприятий, а также обоснованного расчета сил и средств на ликвидацию их последствий. Эффективность планирования и осуществления мероприятий по предупреждению и обеспечению безопасности населения вокруг подвижных ХОО зависит от достоверного и своевременного прогноза возможной аварии.

Подвижные ХОО представляют потенциальную угрозу в случае нахождения в зоне возможного химического заражения при авариях с проливом опасных химических веществ мирного населения и сотрудников Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России. Особенности аварий на подвижных ХОО являются внезапность их возникновения, связанных с выбросом (разливом) АХОВ, быстрое распространение облака заражения воздуха, массовое поражение населения и животных, попавших в зону химического заражения, необходимость оперативного проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очаге химического поражения для восстановления движения на участке аварии.

Определение зон возможного химического заражения и на этой основе выработка профилактических мер защиты и мер по ликвидации последствий аварий осуществляется на этапе прогнозирования. Для обоснованного и достоверного получения данных результатов прогнозирования необходимо знание многих исходных параметров об объекте и характере окружающей среды, то есть значительной по объему информации.

Получение всей информации в кратчайшие сроки после произошедшей аварии весьма проблематично. Вследствие чего, представляется допустимым при разработке планов действий по предупреждению и ликвидации последствий аварий использовать прогнозы для случаев максимально возможных масштабов их последствий, то есть аварий с высвобождением всего количества имеющегося АХОВ с учетом основных сценариев их возникновения и развития при условиях, наиболее благоприятных для формирования и распространения облака заражения воздуха.

Выявление последствий аварий, связанных с разгерметизацией резервуаров в процессе перевозки аммиака вследствие подрыва и возгорания в результате террористических актов, представляет особенность в связи с пожароопасностью аммиака. При рассмотрении такого сценария разрушения следует оценивать поражающее действие на личный состав ГПС МЧС России и населения не только от распространения зараженного облака, но и от последствий подрыва и воспламенения аммиака. В этом случае ущерб и последствия от террористических актов на автомобильном транспорте, перевозящем аммиак, могут быть большими, чем при промышленных авариях.

Согласно существующей методике [4], высота пролившейся жидкости на подстилающую поверхность принимается 0,05 м, но в случае подрыва высота пролившейся жидкости не будет соответствовать методике из-за разброса АХОВ. Для того чтобы прогноз был наиболее верным, определим действительную высоту пролившейся жидкости.

Рассмотрим порядок прогнозирования последствий при подрыве автоцистерны с аммиаком. Для этого исходные данные были взяты следующие: автоцистерна с аммиаком объемом  $Q_0=10$  т, все содержимое разлито и попало в атмосферу. Метеоусловия: конвекция, температура воздуха –  $+20$  °С, скорость ветра  $u=2$  м/с, направление ветра перпендикулярно дороге, ветер неустойчивый, удаление жилых девятиэтажных домов от дороги – 100 м, застройка в шахматном порядке, расстояние между домами – 50 м, плотность населения  $\Pi_r=2500$  чел/км<sup>2</sup> [5].

Первоначально определим объем парового выброса аммиака:

$$V_{\text{пар}} = \frac{m_1}{\rho_r} = \frac{Q_0 * C_y * (t_0 - t_k)}{C_\lambda * \rho_r},$$

где  $Q_0$  – количество перевозимого вещества, кг;  $C_y$  – удельная теплоемкость аммиака, кДж/кг·град;  $t_0$  – температура жидкого аммиака до разрушения емкости,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t_k$  – температура кипения аммиака ( $-33,4^{\circ}\text{C}$ );  $C_\lambda$  – теплоемкость испарения аммиака, кДж/кг;  $\rho_r$  – плотность вещества в газообразном состоянии.

$$V_{\text{пар}} = (10000 * 4,731 * (20 - (-33,4))) / (1360 * 0,728) = 2550,62 \text{ м}^3$$

Объем неиспарившейся жидкости:

$$V_{\text{жид}} = \frac{Q_0 - m_1}{\rho_{\text{жид}}},$$

где  $\rho_{\text{жид}}$  – плотность вещества в жидком состоянии.

$$V_{\text{жид}} = \frac{10000 - 1858}{610,2} = 13,34 \text{ м}^3.$$

Объем облака представляет собой сумму объемов парового выброса  $V_{\text{пар}}$  и объема неиспарившейся жидкости  $V_{\text{жид}}$ :

$$V = V_{\text{пар}} + V_{\text{жид}};$$

$$V = 2550,62 + 13,34 = 2563,96 \text{ м}^3.$$

Из-за подрыва цистерны, радиус разброса жидкости будет равен [6]:

$$R = 0,78 \sqrt[3]{V},$$

$$R = 0,78 \sqrt[3]{2563,96} = 10,67 \text{ м}.$$

Исходя из радиуса разброса, определим площадь заражения  $S_{\text{зар}}$ :

$$S_{\text{зар}} = \pi * R^2,$$

$$S_{\text{зар}} = 3,14 * 10,67^2 = 358 \text{ м}^2.$$

Из этого следует действительная высота пролившейся жидкости  $h_{\text{прол}}$ :

$$h_{\text{прол}} = \frac{V_{\text{жид}}}{S_{\text{зар}}},$$

$$h_{\text{прол}} = \frac{13,34}{358} = 0,037 \text{ м}.$$

Определяем время поражающего действия:

$$\tau_{\text{исп}} = \frac{h_{\text{прол}} * \rho_{\text{жид}}}{K_2 * K_4 * K_7},$$

где  $K_2, K_4, K_7$  – вспомогательные коэффициенты для определения продолжительности поражающего действия АХОВ (определяются по табл. 2 Приложения 3) [7]:

$$\tau_{\text{исп}} = \frac{0,037 * 0,6102}{0,025 * 1,33 * 1} = 0,66 \text{ ч.}$$

Учитывая действительную высоту пролившейся жидкости, определяем глубину химического заражения для зон пороговой и смертельной степени поражения, учитывая действия отраженной волны от зданий и с учетом их распространения в городской застройке:

$$\Gamma_{\text{п}}=203 \text{ м} \quad \Gamma_{\text{см}}=122 \text{ м.}$$

Высота подъема облака с учетом укрытия населения в зданиях:

$$H_{\text{п}}=88 \text{ м} \quad H_{\text{см}}=48 \text{ м.}$$

По значениям глубин зон порогового и смертельного поражения определяем площадь фактического заражения:

$$S_{\text{п}}=0,022 \text{ км}^2 \quad S_{\text{см}}=0,0079 \text{ км}^2,$$

с помощью которой определяем количество населения, подверженное пороговой и смертельной степени поражения:

$$N_{\text{п}}=54 \text{ чел.} \quad N_{\text{см}}=20 \text{ чел.}$$

Данные вычисления позволяют определить наиболее верный прогноз и принять наиболее эффективное решение по организации и проведению мероприятий, направленных на снижение последствий аварии (разрушения).

### Литература

1. Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1135075100641](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1135075100641) (дата обращения: 18.01.2016).
2. Савчук О.Н., Антонов С.О., Егоров П.А. Химическая безопасность. Выявление и организация ликвидации последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов. СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2015.
3. Санкт-Петербург – морская столица России // АВИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: Резолюция I Междунар. конф. GlobalPORT-2010 от 15 апр. 2010 г. Санкт-Петербург. URL: [www.confspb.ru](http://www.confspb.ru) (дата обращения: 22.01.2016).
4. РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. СПб.: Гидрометеоздат, 2000. 21 с.
5. Савчук О.Н. Особенности выявления последствий разрушений цистерны с аммиаком в случае подрыва и возгорания при перевозке автомобильным транспортом // Современное образование: Содержание, технологии, качество: материалы XXII Междунар. науч.-метод. конф. СПб., 2016.

6. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учеб. 2-е изд., стер. М.: Изд. центр «Академия», 2012. 368 с.

7. Соколов Ю.И. Вопросы безопасности транспортировки опасных грузов // Проблемы анализа риска. 2009. Вып. № 1.

## **МЕТОДЫ ВЫРАВНИВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ТЕПЛООТДАЮЩЕЙ ПЛАСТИНЫ**

**В.А. Кораблёв, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;**

**А.В. Шарков, доктор технических наук, профессор.**

**Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет  
информационных технологий, механики и оптики.**

**Д.А. Минкин, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проведен обзор методов выравнивания температурного поля для теплоотдающих изотермических объектов.

*Ключевые слова:* температурное поле, изотермическая поверхность, интенсивность теплообмена

## **METHODS FOR EQUALIZING OF THERMAL FIELD OF VERTICAL HEATED PLATE**

V.A. Korablev; A.V. Sharkov.

Saint-Petersburg national research university of information technologies, mechanics and optics.

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

Methods for equalizing of thermal field is suggested for heated isothermal objects.

*Keywords:* thermal field, isothermal surface, intensity of heat transfer

Задача формирования температурных полей объектов различного назначения решается авторами уже на протяжении многих лет, однако она не утратила своей актуальности. Совершенствование термометрических систем в части точности работы, мобильности, увеличение плотностей мощности тепловыделений в элементах радиоэлектронных устройств, развитие теплотермии, расширение рабочего диапазона рабочих температур приборов и устройств, областей их применения, специфика условий эксплуатации и т.п. – все эти факторы определяют необходимость разработки новых или совершенствования уже существующих методов формирования температурных полей. В ряде случаев важно обеспечить изотермические условия. В настоящей работе рассматриваются наиболее распространенные методы выравнивания температурных полей, применяемые в приборостроении.

Задача обеспечения равномерности температурного поля вертикальной пластины, находящейся в конвективно-лучистом теплообмене с окружающей средой, является распространенной, в частности в приборостроении: объекты такого типа часто встречаются в элементах конструкций различных приборов и устройств. Наиболее жесткие требования по уровню неизотермичности предъявляются к вертикальным плоским протяженным излучателям в калибровочных устройствах. Неравномерность температурного поля более

$\pm 0,2$  °С проявляется уже при перегревах над температурой среды  $10\div 15$  К, что является критичным для такого класса приборов.

Для метрологического обеспечения тепловизионных приборов разрабатываются специальные калибровочные устройства. Их основу представляет собой протяженный инфракрасный (ИК) излучатель в виде плоской нагретой поверхности [1], к которой предъявляются особые требования по следующим параметрам:

- коэффициенту излучения;
- точности поддержания температуры излучателя;
- температурному полю его поверхности;
- возможности перенастройки на требуемые режимы калибровки;
- времени выхода на режим.

Коэффициент черноты плоских излучателей меньше, чем у полостных моделей абсолютно черных тел (АЧТ), однако их часто называют моделями АЧТ. Степень черноты плоских излучателей порядка 0,95 достигается за счет нанесения покрытий.

В зависимости от вида проводимого метрологического обеспечения в комплект АЧТ входят тест-объекты, которые изготавливаются с определенной конфигурацией для контроля соответствующих поверяемых характеристик тепловизоров, выбираются геометрия излучателя и методы формирования его температурного поля. При этом формирование температурного поля необходимо проводить с точностью, превосходящей чувствительность калибруемых приборов.

Поддержание с заданной точностью требуемого уровня температуры излучателя калибровочного устройства и формирование его температурного поля реализуется разработчиками различными способами.

Фазовые переходы (плавление, затвердевание чистых веществ), как правило [2], используются в калибровочных устройствах для уровня температур порядка  $800\text{--}2\ 500$  °С, в диапазоне температур  $0\div 150$  °С для поставленной задачи часто [2] применяются термобатареи и электронагреватели, жидкостные термостаты.

Термобатареи и электронагреватели позволяют значительно сократить время выхода излучателя на заданный тепловой режим по сравнению с жидкостными системами. Термобатареи в этом случае имеют преимущество перед подогревными системами, поскольку позволяют одинаково быстро перенастраиваться с более высокого на низкий уровень температуры и наоборот. Такие методы реализованы в ряде устройств импортного и отечественного производства. Среди них: АЧТ М315х4 фирмы Mikron (США) (в качестве примера приведен на рис. 1); IR-2106/301 фирмы SBIR (США); отечественные модели АЧТ-5И производства омского завода «Эталон» и др.



Рис. 1. Протяженный излучатель М315, «Mikron»

Во всех представленных выше моделях АЧТ применяется равномерное распределение плотности подводимого (отводимого) теплового потока по поверхности пластины излучателя. Экспериментальные исследования вертикальных поверхностей с таким распределением нагревательных (охлаждающих) элементов показали, что по высоте излучателя возникает неравномерность температурного поля, которую чувствуют современные измерительные тепловизионные системы. В ряде случаев это не позволяет проводить некоторые виды метрологического обеспечения тепловизоров с требуемой точностью.

В статье [3] показаны результаты исследования поверхности плоского излучателя модели АЧТ-5И с равномерным распределением термоэлектрических элементов. Неравномерность температурного поля по высоте излучателя диаметром 110 мм при уровне температур 35 °С составила  $\pm 0,1$  °С.

Одним из самых простых в реализации методов выравнивания температурного поля – выбор геометрии и материала излучателя: изготовить пластину излучателя из материала, обладающего высокой теплопроводностью, при этом саму пластину выполнить толщиной несколько сантиметров. В устройстве 150TE американской фирмы Optical Energy Technologies установлена такая утолщенная высокотеплопроводная пластина излучателя размером 4''x4'', охлаждаемая/нагреваемая термоэлектрически в диапазоне температур 0÷150°С, (рис. 2). Неравномерность температурного поля такого излучателя по данным производителя составляет  $\pm 1$  °С. Это значительно превышает допустимый уровень неизотермичности при калибровке современных тепловизоров. К недостаткам реализованного метода также можно отнести высокую инерционность излучателя.



Рис. 2. Утолщенный протяженный излучатель 150 TE, «Optical Energy Technologies»

В ходе исследований протяженных излучателей в работе [4] так же была выявлена неоднородность распределения температуры по его поверхности. Максимальный градиент при температуре излучателя 30 °С составил 0,2 °С/см. Для устранения градиентов в устройстве [4] применена жидкостная система термостатирования. На тыльной поверхности излучателя устанавливают ванну жидкостного термостата. При этом сам излучатель выполняет функцию стенки ванны термостата. Обеспечение высокой изотермичности обеспечивается за счет интенсификации вынужденной конвекции на его тыльной поверхности – активного перемешивания теплоносителя по всему объему ванны. Описанная система термостатирования позволила снизить градиент температур по излучателю до 0,05 °С/см. По такому принципу построен ряд устройств Омского завода «Эталон». В качестве примера на рис. 3 приводится ПЧТ-540/40/100 – протяженное черное тело для калибровки тепловизоров. Основным недостатком использования этого метода формирования температурного поля излучателя – длительное время выхода устройства на заданный тепловой режим (30 мин), значительный вес и громоздкость устройств.

Для обеспечения изотермичности протяженных объектов приборостроения в ряде случаев удобно подводить переменную по поверхности плотность теплового потока в зависимости от условий теплообмена на разных ее участках. Это позволяет повысить точность регулирования температуры, сократить время выхода на заданный тепловой режим. Существует ряд примеров реализации такого метода.



Рис. 3. Протяженный излучатель ПЧТ-540/40/100, «Эталон»

В диссертации А.В. Соболева [5] решается задача обеспечения максимальной равномерности распределения температуры в рабочем пространстве многозонного термического объекта. Автором предлагается неравномерность температурного поля снижать за счет использования оптимального управления. Для реализации такого управления использованы многоканальные системы регулирования температуры. Такие системы позволяют обеспечить высокую точность поддержания заданного значения температуры по сравнению с системами, содержащими один канал управления. В работе проведена значительная доля исследований в области многозонного регулирования: разработан способ дискретного согласованного распределения мощностей по зонам регулирования; разработана методика оценки точности регулирования температуры; создана математическая модель многозонной электропечи; разработан способ оптимального управления процессом нагрева в многозонной печи; получен ряд новых технических решений.

Предложенный А.В. Соболевым метод формирования температурного поля можно отнести к универсальному. Выгодность его использования очевидна в тех случаях, когда в объекте термостатирования необходимо перенастраивать и создавать температурные поля разных профилей. Недостатки заключаются в том, что он дорог и сложен в реализации, создание многоканальных систем управления термическим объектом позволит поддерживать требуемую температуру только в месте расположения датчика, а в области между соседними датчиками могут возникать искажения в температурном поле, превосходящие допустимый уровень неравномерности.

Другим распространенным методом формирования температурного поля объекта является перераспределение источников тепловыделения в нем. В качестве примеров реализации такого метода можно привести работы [6, 7]. В них рассматривалась проблема неизотермичности конфорок электроплит [6] и теплонагруженного электронного модуля [7].

Оптимизация конструкции термических объектов в этих работах направлена на уменьшение расстояния между соседними тепловыделяющими элементами в местах с относительно низкой температурой и увеличение расстояния в местах с относительно

высокой температурой. Для этого сначала рассчитывались температурные поля объектов с помощью метода конечных элементов. Далее, по результатам численного моделирования варьировалось расстояние между тепловыделяющими элементами и расчет температурного поля повторялся. Пример построенной модели приведен на рис. 4. Таким образом, методом нескольких последовательных итераций были получены рекомендуемые варианты расположения тепловыделяющих элементов исследуемых термических объектов. При этом количество тепловыделяющих элементов в рассматриваемых объектах не превышало трех.

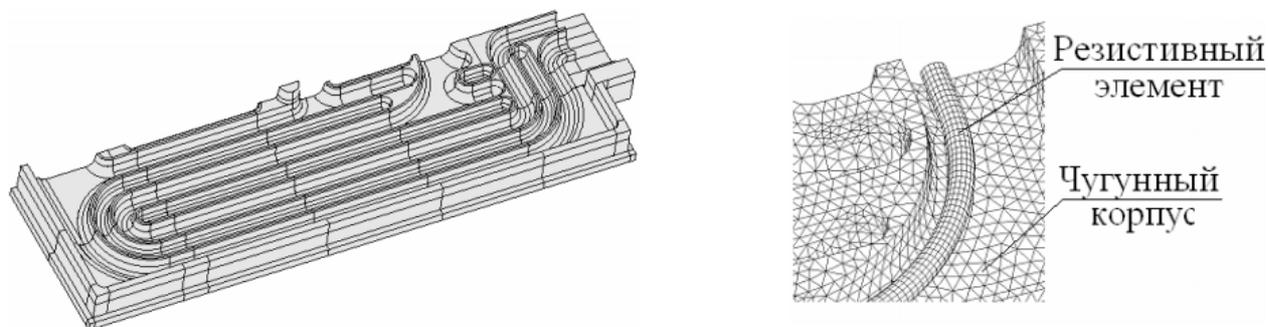


Рис. 4. Модель нагревательного элемента в электроплите

Предложенные в работах [6, 7] методы выравнивания температурного поля обладают существенным недостатком, который заключается в том, что при количестве витков нагревателя больше 6–8 предложенный авторами алгоритм итераций трудно реализуем для формирования требуемого температурного поля.

Можно сделать вывод, что из приведенных в обзоре методов формирования температурного поля наибольший интерес представляет метод перераспределения источников тепловыделений, так как по сравнению с другими обладает рядом преимуществ. В частности: простота реализации, широкий диапазон рабочих температур, высокая надежность, меньший вес и цена технических решений. В проведенном обзоре источников не были найдены методы расчета и выбора параметров для реализации в приборах и устройствах. Задача формирования равномерного температурного поля решаются авторами эмпирически.

### Литература

1. ГОСТ Р 8.619–2006 ГСИ. Приборы тепловизионные измерительные. Методика поверки // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 16.12.2015).
2. Волков С.П., Никоненко В.А. Метрологическое обеспечение неконтактных средств измерения температуры // Сфера Нефть-газ. 2007. № 2.
3. Курбатова Н.А., Троценко Д.П. Методика калибровки тепловых излучателей для определения характеристик оптико-электронных приборов: сб. трудов VI Всерос. межвуз. конф. молодых ученых ИТМО. 2009. С. 45–47.
4. Никоненко В.А., Сильд Ю.А., Иванов И.А. Разработка системы метрологического обеспечения измерительных тепловизионных приборов // Измерительная техника. 2004. № 4. С. 48–51.
5. Соболев А.В. Повышение точности регулирования температурного поля путем совершенствования алгоритма управления многозонным термическим объектом: дис. ... канд. техн. наук. Рыбинск, 2004.
6. Солдусова Е.А. Совершенствование конструкций резистивных конфорок электроплит предприятий общественного питания с использованием методов численного имитационного моделирования: дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 129 с.
7. Колпаков А. Совершенствование силовых электронных модулей. Проблемы и решения // Электроника: Наука. Технология. Бизнес. 2005. № 5.

# НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОСТЫХ ЗАДАЧАХ МЕХАНИКИ

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

На простых примерах задач механического движения рассмотрены некоторые вопросы безопасности жизнедеятельности. Задачи динамики для целей безопасности при проведении спасательных работ представлены на примере демонстрации эффектов заклинивания и мертвой зоны. Вопросы безопасной работы на высоте анализируются посредством методов статики.

*Ключевые слова:* безопасность жизнедеятельности, задачи механики

## SOME SAFETY ISSUES IN SIMPLE MECHANICS PROBLEMS

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

Some life safety issues are considered using simple examples of mechanical motion problems. The goals of dynamics for the safety during rescue operations are shown by demonstrating effects of jamming and dead zone. Safe work on heights issues are analyzed by using methods of statics.

*Keywords:* life safety, mechanics problems

Достижения естественных наук, и в частности физики, приносят людям не только новые возможности их использования в повседневной жизни, качественно изменяя ее, но и предъявляют новые требования к безопасности использования этих достижений. Так, например, открытие электричества не только дало людям свет, но и стало дополнительной причиной пожаров. Развитие ядерной энергетики дало не только новый источник энергии, но и источник повышенной опасности для человека, свидетельством чему являются катастрофы в г. Чернобыле и г. Фукусиме. Развитие информационных технологий также коренным образом изменило наш мир, ввиду чего уже появились термины «информационная безопасность» и «информационные войны». Рост производства приводит к отрицательному влиянию на состояние окружающей среды, в частности, именно поэтому развитые страны стремятся перенести значительную часть своего производства непосредственно за пределы своей страны. По-видимому, человечество только начинает осознавать тот факт, что естественные науки, войдя в повседневный быт, уже касаются практически каждого. Полное осознание этого факта со временем придет, и отношение к естественным наукам будет достаточно прагматичным, поскольку с этой точки зрения основа безопасности жизнедеятельности есть соблюдение объективных законов природы.

Большое число техногенных катастроф происходит по вине человека, а ликвидация их последствий стоит очень дорого. Порой утраты, если речь идет о человеческой жизни, вообще невозможны. Гораздо экономичнее осуществлять профилактику и своевременный контроль за соблюдением требований безопасности и правил контроля. Именно на это в основном и направлена стратегия национальной безопасности [1] не только в инженерно-технических областях, например в пожарной безопасности [2], но и в различных других областях жизнедеятельности. Для решения таких задач требуются специалисты высокой квалификации, знающие не только содержание инструкций, но и понимающие их научное обоснование. Прогнозирование, предотвращение и устранение последствий аварий и катастроф в своей основе имеют естественнонаучное обоснование. Отсюда вытекает важность всей естественнонаучной подготовки для инженеров любого профиля, в том числе и сотрудников МЧС России.

Целью этой работы является демонстрация возможности рассмотрения некоторых вопросов безопасности на простых физических примерах раздела механики. Это представляется оправданным, поскольку физические задачи, и именно задачи раздела механики, являются наиболее адекватными с точки зрения наглядности их представления и адаптации для их восприятия. Более того с помощью задач подобного типа можно наиболее просто провести моделирование порой даже и сложной ситуации, абстрагируясь от несущественных факторов и начальных условий при описании эволюции интересующей системы.

В этой работе автор рассматривает вопросы, относящиеся к рассмотрению безопасности жизнедеятельности для разных ситуаций. На примере последовательного рассмотрения задач о движении тела с учетом сил сухого трения описано возникновение явлений «заклинивания» и определение «мертвой» зоны. Эти явления в некоторых случаях при проведении комплекса аварийно-спасательных работ играют важную роль. Например, они оказываются определяющими для демонстрации действия страховочного каната, который является одним из основных элементов при проведении аварийно-спасательных и горно-спасательных работ. Наконец, также последовательно рассматривая разные начальные и граничные условия в широко известной задаче статики, описывающей поведение лестницы, прислоненной к стене, автор определяет условия безопасного режима работы на ней, исходя только из простой физической интерпретации результатов расчета. Такое рассмотрение задачи является чрезвычайно важным и полезным для усвоения азов и элементов безопасности и безопасной работы с применением страховки.

### **Некоторые задачи динамики для целей безопасности при проведении спасательных работ**

Как хорошо известно, при проведении аварийно-спасательных и горно-спасательных работ спасательные работы в полуразрушенных, задымленных помещениях, в завалах проводятся группами (не менее двух человек) при обязательной взаимной страховке [3]. При этом необходимо обязательно применять страховочные средства – спасательные веревки, карабины, которые являются основным элементом при проведении данного вида работ. Физические принципы, на которых основана их работа, связаны с существованием и возникновением сил трения. Рассмотрим динамику движения тел при наличии трения и некоторые явления, обусловленные наличием их действия в системе. Такое рассмотрение позволяет понять возникновение явлений «заклинивание» и определения «мертвой» зоны застоя в простейших ситуациях. Они оказываются важными для понимания особенности движения при наличии таких сил и описания действия страховки с помощью спасательной веревки.

Пусть телу массой  $m$  сообщают скорость  $V_0$ , после чего оно скользит по горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между телом и поверхностью равен  $\mu$ . Через какое время тело остановится (рис. 1)?

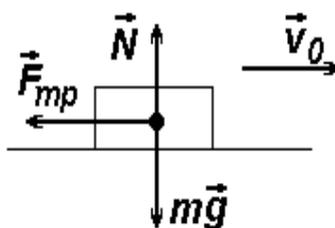


Рис. 1. Скольжение тела по горизонтальной поверхности

Уравнение движения тела в данном случае представляет собой второй закон Ньютона и имеет следующий вид:

$$m \frac{d\vec{V}}{dt} = \vec{N} + \vec{F}_{mp} + m \vec{g}. \quad (1)$$

В проекциях на оси имеем:  $0 = N - mg$ , и значит  $N = mg$  и

$$m \frac{dV}{dt} = -F_{mp} = -\mu mg, \quad (2)$$

поскольку сила трения скольжения по величине равна  $F_{mp} = \mu N$ . Решение уравнения (2) имеет простой вид:  $V = V_0 - \mu g t$ . Следовательно, время движения до остановки равно:

$$t = \frac{V_0}{\mu g}. \quad (3)$$

Величина (3) не зависит от массы тела, а зависит лишь от начальной скорости, коэффициента трения и ускорения свободного падения. Обратим внимание, что знаменатель этого выражения определяется, в частности, значением коэффициента трения. Если имеется идеально гладкая поверхность, то коэффициент трения равен нулю. В этом случае тело, двигаясь по идеально гладкой поверхности, никогда не остановится, и  $t \rightarrow \infty$ .

Пусть теперь с той же начальной скоростью  $V_0$  тело начинает подниматься по наклонной плоскости. Коэффициент трения между плоскостью и телом по-прежнему считаем равным  $\mu$ . Через какое время оно остановится (рис. 2)?

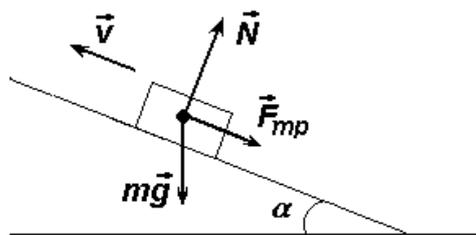


Рис. 2. Скольжение тела на наклонной плоскости

Уравнение движения в данном случае также представляет собой второй закон Ньютона и имеет вид (1). В проекциях на ось перпендикулярную наклонной плоскости и ось, направленную вдоль движения тела, имеем:

$$0 = N - mg \cos \alpha,$$

$$m \frac{dV}{dt} = -mg \sin \alpha - \mu mg \cos \alpha.$$

где мы использовали тот факт, что  $F_{mp} = \mu N = \mu mg \cos \alpha$ . Окончательно получаем время подъема тела:

$$t = \frac{V_0}{g(\sin \alpha + \mu \cos \alpha)}.$$

Обратим внимание, что сила трения уменьшилась за счет изменения силы нормального давления, связанного с изменением геометрии эксперимента. Возможна ли ситуация, когда сила нормального давления может быть изменена и другими способами.

Пусть на горизонтальной поверхности находится тело массой  $m$ . Коэффициент трения равен  $\mu$ . Какую минимальную силу необходимо приложить к телу, чтобы оно двигалось равномерно (рис. 3)?

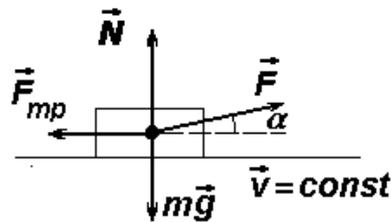


Рис. 3. Нахождение минимального значения внешней силы для равномерного движения по горизонтальной плоскости

В общем случае сила  $\vec{F}$  может быть приложена под некоторым углом  $\alpha$ . Так как тело движется равномерно, то векторная сумма всех сил равна нулю. В проекциях имеем:

$$\begin{aligned} F \cos \alpha - F_{mp} &= 0, \\ N + F \sin \alpha - mg &= 0, \\ F_{mp} &= \mu N. \end{aligned}$$

Видно, что, прикладывая силу под некоторым углом к горизонту, мы его несколько приподнимаем и тем самым уменьшаем силу реакции опоры и, следовательно, уменьшаем силу трения. Поэтому окончательно имеем:

$$F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha + \mu \sin \alpha}. \quad (4)$$

Минимальное значение силы:

$$F_{\min} = \frac{\mu mg}{\sqrt{1 + \mu^2}},$$

будет достигнуто в том случае, если знаменатель (4) будет иметь максимальное значение и приложить эту силу следует под углом  $\alpha^* = \text{arctg } \mu$ .

Если мы толкаем тело, прикладывая силу под некоторым углом  $\alpha$ , то увеличивается сила реакции опоры и тем самым увеличивается сила трения. Значение силы  $F$  в этом случае равно:

$$F = \frac{\mu mg}{\cos \alpha - \mu \sin \alpha}.$$

Минимальное значение силы будет в том случае, если  $\alpha = 0$ . Если сила прикладывается под некоторым углом, то ее величина возрастает, и при  $\alpha_0 = \text{arcctg}(\mu)$  произойдет «заклинивание», то есть тело при сколь угодно большой силе сдвинуть с места не удастся. Это явление играет важную роль, например, при транспортировке пострадавших с помощью специальных салазок, которые крепятся спасательными канатами, и в других случаях.

Явление заклинивания рассмотрено как случай движения тел под влиянием силы трения скольжения, вместе с тем существенную роль при описании движения играют и другие виды сил трения, например силы трения покоя. Совместно с силами трения скольжения они имеют принципиальное значение при описании передачи движения от одного тела к другому. Для понимания их роли рассмотрим несколько ситуаций.

Пусть тело находится на горизонтальной поверхности. Коэффициент трения равен  $\mu$ . Тело с помощью пружины прикреплено к вертикальной стенке (рис. 4). Выясним условия равновесия тела.

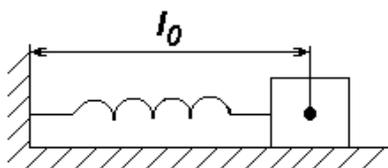


Рис. 4. К определению условий равновесия представленной системы

На первый взгляд, кажется, что тело будет находиться в равновесии только в том случае, когда пружина недеформирована, то есть на расстоянии  $l_0$  от стенки. Сместим тело на небольшое расстояние, например, ближе к стенке. Мы увидим, что тело осталось в покое. Все более увеличивая смещение, мы заметим, что, в конце концов, тело придет в движение. При смещении вправо от начального положения результат будет тот же. Объяснить это явление легко, если учесть действие силы трения покоя. Тело будет находиться в покое в некоторой зоне. Ее размеры можно определить, исходя из условия покоя для системы  $\vec{F}_{\text{упр}} + \vec{F}_{\text{тр}} = 0$ . При отклонении влево от точки равновесия это равенство выполнено, когда  $k(l_0 - x) \leq F_{\text{тр max}}$ , а при отклонении вправо – когда  $k(l_0 - x) \geq F_{\text{тр max}}$ . Здесь  $F_{\text{тр max}} = \mu mg$  – максимальное значение силы трения покоя. В итоге приходим к неравенству:

$$l_0 - \frac{\mu mg}{k} \leq x \leq l_0 + \frac{\mu mg}{k},$$

где  $k$  – коэффициент жесткости пружины,  $m$  – масса тела,  $l_0$  – расстояние от центра тяжести тела до стенки при отсутствии деформации пружины.

Пусть  $\mu = 0,1$ ,  $m = 0,1$  кг,  $k = 10^3$  Н/м. Тогда область «мертвой» зоны составляет примерно 0,2 мм. На первый взгляд это небольшая величина. Однако в определенных

случаях она играет определяющую роль. Возьмем теперь тело и подвесим его двумя способами, показанными на рис. 5, и будем измерять растяжение пружины. Опыт покажет, что в случае (б) растяжение пружины будет меньше, чем для случая (а).

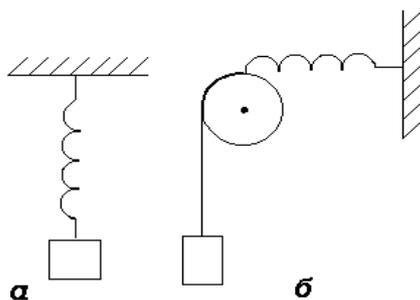


Рис. 5. Отличие в растяжениях пружины для представленных систем

Для объяснения такого расхождения в показаниях динамометров рассмотрим рис. 6. Выделим малый участок нити, прилегающий к блоку, и укажем силы, действующие на него.

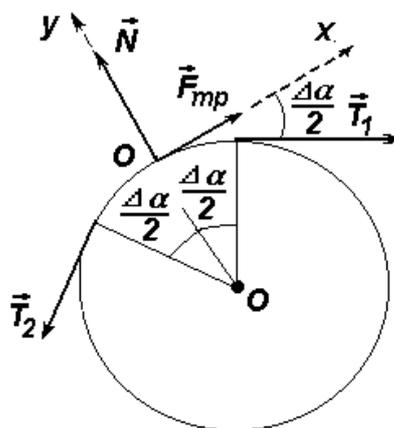


Рис. 6. Силы натяжения на блоке

В проекциях на оси, указанные на рис. 6, имеем:

$$\begin{aligned} T_2 \cos \frac{\Delta\alpha}{2} - T_1 \cos \frac{\Delta\alpha}{2} - F_{mp} &= 0 \\ N - T_1 \sin \frac{\Delta\alpha}{2} - T_2 \sin \frac{\Delta\alpha}{2} &= 0 \end{aligned}$$

Преобразуя систему, получим:

$$F_{mp} = (T_2 - T_1) \cos \frac{\Delta\alpha}{2}, \quad N = (T_1 + T_2) \sin \frac{\Delta\alpha}{2}.$$

По определению  $F_{mp \max} = \mu N = \mu(T_1 + T_2) \sin \frac{\Delta\alpha}{2}$ .

Так как выделенный участок является малым, то можно считать  $T_1 \approx T_2 = T$   
и  $-\Delta T \cos \frac{\Delta\alpha}{2} \approx 2\mu T \sin \frac{\Delta\alpha}{2}$ . Переходя к бесконечно малым величинам, имеем:

$$dT = -\mu T d\alpha.$$

Интегрируя это уравнение, получаем следующий результат:

$$T = T_0 \exp(-\mu\alpha).$$

где  $T_0$  – сила натяжения горизонтального участка для случая (б).

Таким образом, за счет силы трения покоя показания динамометра уменьшаются. Для оценки величины этого уменьшения выберем  $\mu=0,3$ . Тогда для случая, показанного на рис. 6,  $\alpha=\pi/2$  и имеем:

$$\frac{T}{T_0} = \exp(-0,45) \approx 0,64.$$

Из этого примера вытекает очень важное практическое следствие. Сделаем один полный оборот вокруг диска. Тогда  $\alpha=2\pi$  и сила натяжения горизонтальной части нити  $T=0,15T_0$ , то есть уменьшится примерно в семь раз. Если мы сделаем два оборота, то уменьшение составит 40 раз. В общем случае число оборотов  $n$  и натяжение горизонтальной части будет равно:

$$T_n = T_0 \exp(-2\pi n\mu).$$

Важность этого результата трудно переоценить. Именно найденная зависимость определяет динамику поведения страховочного каната при действии его на карабин, что является важным при проведении аварийных работ.

### **Безопасность при работе на лестницах на основе простых задач статики**

Статистика несчастных случаев при проведении работ на высоте однозначно свидетельствует, что указанные эпизоды однозначно связаны с пренебрежением основами безопасности при проведении работ на лестницах [4]. Так из общего числа несчастных случаев около 60 % происходит в результате соскальзывания лестницы с места опоры. Рассмотрим известную задачу статики о лестнице, прислоненной к вертикальной стене [5, 6]. С точки зрения автора, поэтапное рассмотрение этой задачи для условий пустой стоячей лестницы и лестницы с поднимающимся по ней человеком должно дать сведения об основах безопасной работы, исходя из объективных физических законов статики. Напомним, что твердое тело находится в состоянии равновесия, если сумма всех сил, действующих на него, и сумма моментов всех сил относительно любой оси равны нулю. Рассмотрим обозначенную проблему равновесия лестницы.

На рис. 7 представлена пустая лестница АВ длиной  $L$  и массой  $M$ , которая приставлена к стене под углом  $\alpha$  к горизонтальной поверхности. Коэффициент трения между лестницей и полом равен  $\mu_1$ , а между лестницей и стеной  $\mu_2$ . Центр масс лестницы расположен на расстоянии  $a$  от нижнего конца. Определим наименьший угол, при котором лестница еще находится в равновесии, а также силы реакции пола и стены.

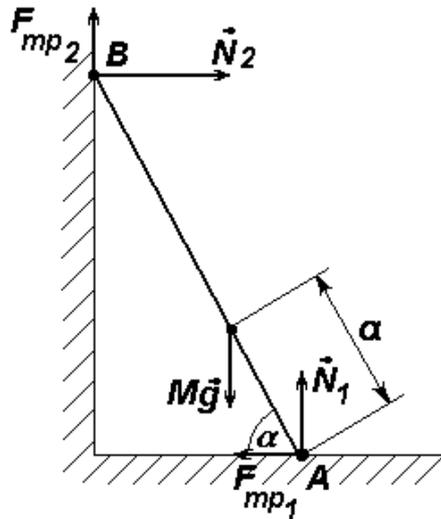


Рис. 7. Определение равновесного состояния лестницы

Если лестница находится в покое, то сумма сил, действующих на нее, равна нулю:

$$M\vec{g} + \vec{N}_1 + \vec{N}_2 + \vec{F}_{mp1} + \vec{F}_{mp2} = 0. \quad (5)$$

В проекциях имеем:

$$\begin{aligned} Mg - N_1 - F_{mp2} &= 0, \\ F_{mp1} - N_2 &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Очевидно, что этих уравнений недостаточно для нахождения сил и значения угла. Поэтому воспользуемся вторым условием равновесия. Выберем ось вращения, например, проходящую через точку А. Тогда моменты сил  $\vec{N}_1$  и  $\vec{F}_{mp1}$  относительно этой оси равны нулю. Поэтому имеем:

$$N_2 L \sin \alpha - Mga \cos \alpha + F_{mp2} L \cos \alpha = 0. \quad (7)$$

Поскольку нас интересуют условия начала скольжения лестницы, то силы трения, являющиеся в данном случае силами трения скольжения, равны:

$$F_{mp1} = \mu_1 N_1, \quad F_{mp2} = \mu_2 N_2. \quad (8)$$

Используя уравнения (6), (8), получим:

$$N_1 = \frac{Mg}{1 + \mu_1 \mu_2}, \quad N_2 = \frac{\mu_1 Mg}{1 + \mu_1 \mu_2}. \quad (9)$$

Подставляя эти значения с учетом (8) в уравнение для моментов сил (7), получим значение для тангенса искомого минимального угла:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\min} = \frac{a(1 + \mu_1 \mu_2)}{L \mu_1} - \mu_2 \quad (10)$$

Для случая однородной лестницы, где центр масс расположен на расстоянии  $a = \frac{L}{2}$ , из (10) имеем:

$$\alpha_{\min} = \operatorname{arctg} \frac{1 - \mu_1 \mu_2}{2\mu_1}. \quad (11)$$

Из (11) следует, что значение  $\alpha_{\min}$  тем меньше, чем ниже расположен центр масс лестницы. В частности, если  $a = 0$ , то угол наклона лестницы  $\alpha$  может быть любым. Отметим, что зависимость тангенса минимального угла наклона от коэффициента трения  $\mu_2$  слабее, чем от  $\mu_1$ . Поэтому довольно часто полагают  $\mu_2 = 0$ . Теперь усложним задачу.

Пусть лестница установлена под углом  $\alpha_{\min}$  к горизонтальной поверхности. По ней поднимается человек массой  $m$ . На какое расстояние может пройти человек до момента начала ее скольжения (рис. 8).

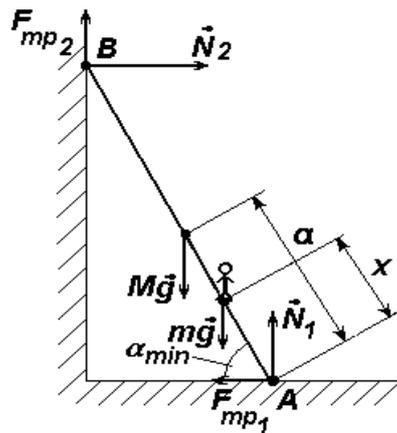


Рис. 8. Определение расстояния, которое может пройти человек по лестнице, установленной под критическим углом, до начала ее скольжения

Условие равенства нулю всех сил, действующих на лестницу, в проекции на оси системы координат, показанной на рис. 8, имеет вид:

$$\begin{aligned} F_{mp2} - Mg - mg + N_1 &= 0, \\ N_2 - F_{mp1} &= 0. \end{aligned} \quad (12)$$

Используя выражения для значений сил трения скольжения (8), определим в этом случае величины сил реакции опор:

$$N_1 = \frac{(M + m)g}{1 + \mu_1\mu_2}, \quad N_2 = \frac{\mu_1(M + m)g}{1 + \mu_1\mu_2}. \quad (13)$$

Появление человека на лестнице не сводится к простой алгебраической замене в выражениях (9)  $M \rightarrow (M + m)$ , а приводит к появлению дополнительного момента силы тяжести человека. В частности, относительно оси, проходящей через точку  $A$ , сумма моментов определяется теперь уравнением:

$$N_2 L \sin \alpha - Mga \cos \alpha - mgx \cos \alpha + F_{mp2} L \cos \alpha = 0. \quad (14)$$

Из (14) с учетом (12) и (13) найдем значение искомого расстояния:

$$x = L \left( \frac{M + m}{m} \right) \left( \frac{\mu_1}{1 + \mu_1\mu_2} \right) (\operatorname{tg} \alpha + \mu_2) - \frac{M}{m} a. \quad (15)$$

Подставляя в выражение (15) значение  $\operatorname{tg} \alpha_{\min}$  из (10), получим:

$$x_{\max} = a.$$

Следовательно, если лестница установлена под критическим углом, то пройти по ней можно лишь на расстояние от нижнего конца до центра ее масс. Именно поэтому, в целях безопасности, обычно лестницу устанавливают под углом  $\alpha > \alpha_{\min}$ . Теперь еще более усложним задачу.

Пусть теперь лестница установлена к горизонту под углом  $\alpha > \alpha_{\min}$ . По этой лестнице поднимается человек. Найдем силы реакции опоры, силы трения и расстояние, которое может пройти человек по лестнице до начала ее скольжения (рис. 9).

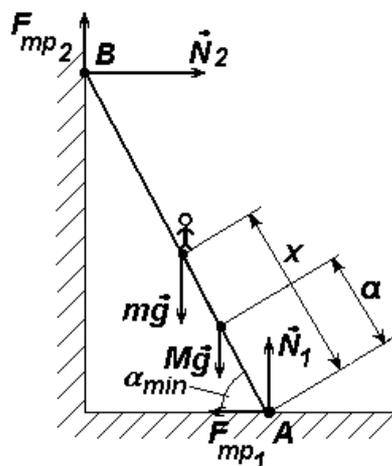


Рис. 9. Определение расстояния, которое может пройти человек по лестнице, установленной под углом больше критического

В этом случае силы трения являются силами трения покоя, поэтому их значения не определяются выражениями (9). Тогда, в общем случае мы имеем пять неизвестных  $N_1$ ,  $N_2$ ,  $F_{mp1}$ ,  $F_{mp2}$  и  $x$ . Значит, для решения задачи необходимо составить систему из пяти уравнений. В данном случае мы можем написать лишь систему из четырех уравнений. Но одно из уравнений оказывается линейно зависимым. Такая ситуация называется статически неопределенной задачей. Для ее решения необходимо считать заданными две из приведенных величин.

Поскольку выражение, определяющее значение минимального угла наклона (11), слабо зависит от коэффициента трения  $\mu_2$ , положим его равным нулю  $\mu_2 = 0$ . Тогда сила трения между лестницей и стенкой равной нулю  $F_{mp2} = 0$ .

Другой заданной величиной будем считать силу трения покоя  $F_{mp1}$ , изменяющуюся от нуля до максимального значения, равного силе трения скольжения (8)  $F_{mp1} = \mu N_1$ , где  $\mu = \mu_1$ .

Теперь из условий равновесия выпишем уравнения для проекций сил:

$$\begin{aligned} N_2 - F_{mp1} &= 0, \\ N_1 - Mg - mg &= 0 \end{aligned} \quad (16)$$

и уравнение для моментов этих сил относительно точки  $A$ :

$$Mga \cos \alpha + mgx \cos \alpha - N_2 L \sin \alpha = 0 \quad (17)$$

Отметим, что уравнение для моментов сил относительно оси, проходящей через точку  $B$ , линейно зависимо от (17). Силы реакций опор легко найти из системы (16):

$$\begin{aligned} N_2 &= F_{mp1}, \\ N_1 &= (M + m)g. \end{aligned}$$

Разрешая (16) и (17), найдем расстояние  $x$ , которое человек может пройти по лестнице:

$$x = \frac{F_{mp1}}{mg} L \operatorname{tg} \alpha - \frac{M}{m} a. \quad (18)$$

С практической точки зрения важно, чтобы человек мог подняться по лестнице как можно выше. Это означает, что максимальное значение величины  $x$  должно стремиться к значению длины лестницы  $L$ .

В выражении (18) значение  $F_{mp1}$  считается заданным. Поскольку  $x$  пропорционально  $F_{mp1}$ , а максимальное значение последней определяется значением силы трения скольжения:

$$F_{mp1 \max} = \mu N_1 = \mu(M + m)g$$

то

$$x_{\max} = \frac{\mu(m+M)g}{mg} L \operatorname{tg}\alpha - \frac{M}{m} a. \quad (19)$$

В выражении (19) значение  $\operatorname{tg}\alpha$  может изменяться. Естественно, что должно выполняться условие  $\alpha > \alpha_{\min}$ . В противном случае лестница либо упадет, либо подняться выше центра ее масс не удастся.

Выясним, под каким углом  $\alpha^*$  мы можем поставить лестницу, чтобы  $x_{\max} = L$ , тогда:

$$\operatorname{tg}\alpha^* = \frac{1}{\mu} \left( 1 + \frac{M a}{m L} \right) \frac{m}{m+M}.$$

Если масса человека много больше массы лестницы  $m \gg M$ , то  $\operatorname{tg}\alpha^* \approx \frac{1}{\mu}$ . Когда имеем дело с массивной лестницей  $m \ll M$ , значение:

$$\operatorname{tg}\alpha^* = \frac{1}{\mu} \left( 1 + \frac{M a}{m L} \right) \frac{m}{M}. \quad (20)$$

Раскрывая скобки в (20), имеем:

$$\frac{1}{\mu} \frac{m}{M} + \operatorname{tg}\alpha_{\min} = \operatorname{tg}\alpha^* \quad (21)$$

Здесь мы воспользовались значением для тангенса минимального угла (10) для пустой лестницы в условиях, когда  $\mu_1 = \mu$  и  $\mu_2 = 0$ ,  $\operatorname{tg}\alpha_{\min} = \frac{a}{L} \frac{1}{\mu}$ . Анализ выражения (21)

показывает, что в условиях, когда  $\frac{1}{\mu} \frac{m}{M} \ll \operatorname{tg}\alpha_{\min}$ , что автоматически выполняется для массивной лестницы  $mL \ll Ma$ , ее можно устанавливать под углом  $\operatorname{tg}\alpha_{\min} \approx \operatorname{tg}\alpha^*$ .

### Выводы

В этой работе рассмотрены некоторые вопросы безопасности с помощью простых примеров механики, обсуждены режимы заклинивания и застоя при описании динамики системы, возникающие из-за наличия сил трения. Эти явления описывают известное поведение простой, но широко применяемой системы «спасательная веревка-карабин», используемой при проведении аварийно-спасательных работ в разрушенных зданиях и сооружениях, горных завалах и на высоте. Известная задача статики о поведении лестницы, имеющей две точки опоры, представлена как анализ возможной безопасной работы человека на ней. Таким образом, показана возможность рассмотрения вопросов безопасности в рамках простых задач, в частности механического движения. При этом основой безопасности являются соблюдение объективных законов физической природы.

Эта статья использует материалы авторских оригинальных задач из учебного пособия курс общей физики [7], разработанного и написанного автором совместно с профессором, доктором физико-математических наук Валерием Николаевичем Скребовым. К большому сожалению, этого замечательного человека уже нет с нами. Эту работу автор хочет посвятить его светлой памяти и еще раз с теплотой вспомнить те счастливые, плодотворные годы, когда авторы работали вместе, в том числе и над этими задачами.

### Литература

1. О стратегии национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 31 дек. 2015 г. № 683. Доступ из информ.-правового обеспечения «Гарант».

2. О пожарной безопасности: Федер. закон от 21 дек. 1994 г. № 69-ФЗ (в ред. от 30 дек. 2015 г.). Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

3. Методические рекомендации по действиям подразделений федеральной противопожарной службы при тушении пожаров и проведении аварийно-спасательных работ: Письмо МЧС России от 26 мая 2010 г. № 43-2007-18. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».

4. Инструкция по охране труда при выполнении работ на лестницах и стремянках // Охрана труда в России. URL: [Ohranatruda.ru/ot\\_biblio/instructions/166/146186](http://Ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/166/146186) (дата обращения: 01.02.2016).

5. Бутиков Е.И., Быков А.А., Кондратьев А.С. Физика в примерах и задачах. М.: Наука, 1989. 466 с.

6. Трифонов Е.Д., Ляпцев А.В., Глазков В.В. Использование компьютера при решении творческих задач по физике // Информатизация образования. 2006. № 3. С. 10–15.

7. Скребов В.Н., Трубилко А.И. Курс общей физики. Механика. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2011. Т. 1. 351 с.



---

---

# **ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

---

---

## **ОБ ОРГАНИЗАЦИИ И ФУНКЦИОНИРОВАНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ, СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ В САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ ГПС МЧС РОССИИ**

**А.В. Семёнов;**

**С.А. Петрова.**

**Научно-исследовательский институт перспективных исследований  
и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности  
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России**

Приведен анализ структуры и организации деятельности метрологической службы Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Представлен обоснованный вывод о необходимости функционирования метрологической службы на основании государственных и ведомственных нормативно-правовых актов. Обозначена практическая значимость метрологического обеспечения в процессе проведения исследований и испытаний. Выделены приоритетные задачи по дальнейшему развитию и совершенствованию метрологического обеспечения.

*Ключевые слова:* метрология, метрологическое обеспечение, нормативно правовые акты, поверка средств измерений, аттестация испытательного оборудования, аккредитация

## **ABOUT THE ORGANIZATION, FUNCTIONING AND PERFECTION OF THE METROLOGY SOFTWARE OF THE SAINT-PETERSBURG UNIVERSITY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA**

A.V. Semenov; S.A. Petrova.

Research institute for advanced research and innovation technology in the area of the safety vital function of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article provides an analysis of the structure and organization of the metrological service of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia. It made justified conclusion about the necessity of functioning of the metrological service on bases of the state laws and the regulatory documents of EMERCOM of Russia. Denotes the practical importance of the metrological support to provide research and tests conducted at the institute. Highlighted priorities for further development and improvement of the metrology support.

*Keywords:* metrology, metrological support, normative documents, verification of measuring devices, certification of test equipments, accreditation

Метрология (от греч. «метро» – мера «логос» учение) – наука об измерениях, методах и средствах обеспечения единства и требуемой точности измерений.

На протяжении столетий вырабатывались единые представления о размерах, формах, свойствах предметов и явлений, а также правила и способы их сопоставления.

Зарождение метрологии на Руси интересно описано в книге И.Я. Демпана [1]. Особую роль в становлении метрологии сыграл великий русский ученый Д.И. Менделеев. Он придал метрологии статус науки, положил начало государственной метрологической службе.

С развитием промышленности и науки в России развивалась и метрология, создавались метрологические организации. В Петропавловской крепости г. Санкт-Петербурга было построено специальное здание и создано Депо образцовых мер и весов – первое государственное метрологическое учреждение. В настоящее время – это Всероссийский научно-исследовательский институт им. Менделеева. История института от Депо до настоящих дней достаточно полно описана в работе [2].

Первая метрологическая палатка была открыта в Санкт-Петербурге при Императорском русском техническом обществе. Так начался отсчет истории организации, прямым наследником и правопреемником которой является ФБУ «Государственный региональный центр стандартизации, метрологии и испытаний в г. Санкт-Петербурге и Ленинградской области» (ФБУ «Тест–С.-Петербург») [3].

В 1900 г. при Московском окружном пробирном управлении состоялось открытие Поверочной палатки торговых мер и весов, таким образом, был дан «старт» организации метрологического института в Москве (в настоящее время – это Всероссийский научно-исследовательский институт метрологической службы – ФГУП ВНИИМС) [4].

В процессе развития страны произошло объединение метрологии и стандартизации. В 1954 г. был образован Комитет стандартов, мер и измерительных приборов, в дальнейшем Госстандарт СССР, который успешно работал на протяжении десятилетий.

В 2004 г. в рамках реформы технического регулирования Госстандарт России был реорганизован в Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии (Ростехрегулирование), одной из основных задач которого и по сей день является обеспечение единства измерений и оказание государственных услуг в сфере метрологии [5].

Предпосылками к выполнению данной работы послужили следующие исследования:

– анализ государственной системы обеспечения единства измерений и современного законодательства Российской Федерации в области метрологии с целью обоснования необходимости наличия метрологической службы в Университете;

– анализ состояния средств метрологического обеспечения и работы, проделанной метрологической службой в 2015 г., с целью поиска путей развития и совершенствования.

Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ) – это управление субъектами, нормами, средствами и видами деятельности по обеспечению заданного уровня единства измерений в стране.

Главной целью ГСИ является создание общегосударственных правовых, нормативных, организационных, технических и экономических условий для решения задач по обеспечению единства измерений на уровне юридических лиц, федеральных органов исполнительной власти, а также на государственном уровне.

ГСИ включает федеральный информационный фонд, который состоит из свода стандартов, правил и рекомендаций по метрологии; сведений об аттестованных методиках измерений, об эталонных единицах величин; об утвержденных типах стандартных образцов и средств измерений (Государственный реестр средств измерений). Основным правовым актом в области отечественной метрологии является Федеральный закон Российской Федерации от 26 июня 2008 г. № 102-ФЗ «Об обеспечении единства измерений» в действующей редакции (ФЗ РФ № 102-ФЗ).

ФЗ РФ № 102-ФЗ определяет сферу государственного регулирования обеспечения единства измерений включающую измерения, к которым установлены обязательные требования и которые выполняются, в частности:

– при осуществлении деятельности в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, обеспечения пожарной безопасности, безопасности людей на водных объектах;

– при осуществлении производственного контроля за соблюдением установленных законодательством Российской Федерации требований промышленной безопасности к эксплуатации опасного производственного объекта;

– при выполнении работ по оценке соответствия продукции и иных объектов обязательным требованиям в соответствии с законодательством Российской Федерации о техническом регулировании;

– при выполнении поручений суда, органов прокуратуры, государственных органов исполнительной власти.

Статья 2 ФЗ РФ № 102-ФЗ определяет понятие метрологической службы.

Метрологическая служба – юридическое лицо, подразделение юридического лица или объединение юридических лиц, либо работник (работники) юридического лица, либо индивидуальный предприниматель, либо подведомственная организация федерального органа исполнительной власти, его подразделение или должностное лицо, выполняющее работы и (или) оказывающее услуги по обеспечению единства измерений и действующие на основании положения о метрологической службе.

Во исполнение ФЗ РФ № 102-ФЗ были разработаны и вступили в силу ряд нормативно-правовых актов, которые непосредственно распространяются на обеспечение единства измерений в Министерстве Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России):

– Указ Президента Российской Федерации от 2 января 2011 г. № 21 «О государственном метрологическом надзоре в области обороны и обеспечения безопасности РФ»;

– Приказ МЧС России от 9 декабря 2013 г. № 784 «Об утверждении Перечня измерений, относящихся к сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, в части компетенции МЧС России»;

– Распоряжение Правительства Российской Федерации от 5 сентября 2011 г. № 1536-р «О создании федерального казенного учреждения «Центральная база измерительной техники Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий»» (ФКУ ЦБИТ МЧС России). Цель создания организации – обеспечение единства измерений в системе МЧС России.

ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России (Университет) представляет собой многофункциональную взаимосвязанную систему структурных подразделений. Одним из таких подразделений является Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности (Институт).

В свою очередь структурными подразделениями, выполняющими измерения, испытания и исследования, Института являются:

– Исследовательский центр экспертизы пожаров (ИЦЭП);

– Независимый исследовательский центр пожарной безопасности (НИЦ ПБ), состоящий из отдела пожарной безопасности маломерных судов и водного транспорта и отдела сертификационных испытаний.

Центры оснащены средствами измерений и специализированным испытательным оборудованием.

Основная деятельность Института направлена на исследования, испытания и измерения в процессах проведения научно-исследовательских работ (НИР), оценки соответствия продукции обязательным требованиям пожарной безопасности, установленным законодательством Российской Федерации (сертификационные и качественные испытания), и проведение различного рода экспертиз в области пожарной безопасности.

Помимо вышеуказанных нормативно правовых актов, Институт при проведении работ и оказании услуг, руководствуется действующими редакциями таких Федеральных законов Российской Федерации, как:

- «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ;
- «О техническом регулировании» от 27 декабря 2008 г. № 184-ФЗ;
- «Об аккредитации в национальной системе аккредитации» от 28 декабря 2013 г. № 412-ФЗ и т.п.

Другими словами, деятельность Института находится в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, а также в сфере распространения государственного метрологического надзора и контроля.

НИЦ ПБ обязан, по законодательству, для осуществления своей деятельности получить аккредитацию в национальной системе аккредитации. И периодически подтверждать компетентность и соответствие деятельности критериям аккредитации и требованиям законодательства Российской Федерации. Ряд критериев напрямую связан с метрологическим обеспечением испытаний (п.п. 21, 23.9, 23.13–23.15, 23.21) [6]. Периодичность проверок определяется планом инспекционного контроля Росаккредитации.

Принимая во внимание вышеизложенное, можно с уверенностью утверждать, что наличие метрологической службы в составе Университета является обязательным требованием законодательства Российской Федерации.

Учитывая размер организации и объемы проводимых работ, в Институте создано и эффективно функционирует отделение метрологического обеспечения (ОМО).

На ОМО Института возложены следующие основные задачи:

- обеспечение единства и требуемой точности измерений, повышение уровня и развитие техники измерений, отвечающих современным требованиям научно-технического прогресса;
- проведение работ по метрологическому обеспечению (МО) исследований и испытаний, анализу состояния и совершенствованию МО.

Структура подразделения – начальник ОМО, подчиняющийся заместителю начальника Института и два инженера. Для эффективной работы ОМО необходимы сотрудники, непосредственно эксплуатирующие измерительные приборы и испытательное оборудование. С этой целью ежегодно приказом начальника Университета в подразделениях назначаются ответственные за МО. Специалисты работают в рамках своих должностных инструкций, но по вопросам МО подчиняются начальнику ОМО.

К средствам МО относятся испытательное оборудование, средства измерений, методики выполнения измерений, нормативно-техническая документация. Метрологическая экспертиза и контроль (надзор) являются методами МО.

Средства измерений (СИ) – измерительные приборы, меры, измерительные преобразователи и др. Учет СИ и испытательного оборудования ведет инженер ОМО при взаимодействии со специалистами подразделений. На основании данных учета в конце года формируется график поверки приборов и аттестации оборудования на каждый последующий год. График согласовывает метрологический центр ФБУ «Тест–С.-Петербург». 90 % объема поверки Института осуществляет именно эта организация, аккредитованная в установленном порядке на данный вид деятельности.

Процесс поверки точно определен в рекомендациях по межгосударственной стандартизации РМГ 29-2013. Поверка – установление официально уполномоченным органом пригодности СИ к применению на основании экспериментально определяемых метрологических характеристик и подтверждения их соответствия обязательным требованиям [7].

Приборы и оборудование, требующие ремонта и наладки, направляются в специализированные организации, которые после обслуживания сами организуют поверку для подтверждения пригодности прибора.

Типы СИ, используемые в Институте, утверждены Госстандартом России и внесены в Государственный Реестр СИ. При закупке приборов данному условию (наличию в Госреестре СИ) придается особое значение. В противном случае использование приборов в сфере государственного регулирования, то есть в деятельности НИЦ ПБ и ИЦЭП, противоречит закону.

Испытательное оборудование (ИО) – это техническое устройство для воспроизведения совокупности воздействующих факторов или режимов функционирования объекта при испытаниях. Аттестация ИО проводится в соответствии с ГОСТ Р 8.568–97. Основная цель аттестации – подтверждение возможности воспроизведения условий испытаний в пределах допускаемых отклонений и установление пригодности использования испытательного оборудования в соответствии с его назначением [8].

В первом полугодии 2015 г. специалисты ОМО организовали поверку приборов, входящих в область аккредитации НИЦ ПБ. Поверку проводили специалисты таких организаций как: ФБУ «Тест–С.-Петербург», главная геофизическая обсерватория им. А.И. Воейкова (ФГБУ «ГГО»), институт физико-технических и радиотехнических измерений (ФГУП «ВНИИФТРИ»), институт оптико-физических измерений (ФГУП «ВНИИОФИ») и др. В этот период были разработаны и утверждены 25 программ и методик для аттестации ИО. 11 установок НИЦ ПБ аттестованы сторонними организациями.

В июле 2015 г., в период подготовки НИЦ ПБ к аккредитации, в ОМО проводилась проверка представителями ФКУ ЦБИТ МЧС России. Было поверено 48 приборов и проведен ведомственный метрологический контроль работы подразделения.

Деятельность специалистов ОМО получила высокую оценку выездной группы ФКУ ЦБИТ МЧС России. Визит специалистов-метрологов имел большое значение. Проведенные организационно-технические мероприятия как в период подготовки к визиту, так и в период работы группы сыграли большую роль для аккредитации НИЦ ПБ. У Комиссии по аккредитации не возникло замечаний по состоянию метрологического обеспечения. В результате было оформлено положительное заключение о соответствии деятельности НИЦ ПБ Института критериям аккредитации.

В то же время следует отметить, что в Институте имеются приборы, которые морально и технически устарели, имеют значительную степень износа и требуют замены. Для наглядности некоторые из них представлены на рис. 1, 2.



Рис. 1. Газоанализатор O<sub>2</sub> МН-5130 и вторичный прибор КСУ-2



Рис. 2. Газоанализатор CO<sub>2</sub> ГИАМ 14

Руководство Института разделяет озабоченность специалистов по вопросу эксплуатации устаревших приборов, которые с трудом проходят поверку. В связи с этим были выделены средства на закупку. Испытательный центр получил современные приборы и испытательную установку. Наличие данной техники расширяет область аккредитации НИЦ ПБ. Специалисты получили возможность проводить испытания по ГОСТ Р 50588–2012 «Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний».

Таким образом, начало модернизации приборной базы и оборудования положено. Теперь, следует двигаться дальше в этом направлении, не снижая темпов.

Методики выполнения измерений (МВИ) являются важным средством МО. Они объединяют основные компоненты системы обеспечения единства измерений (измеряемую величину, единицы величин, метод измерений, метрологические характеристики средств измерений, форму представления результатов и погрешности измерений, а также использование результатов измерений и др.). Методики, применяемые в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, подвергаются метрологической экспертизе и аттестации в установленном порядке в метрологических институтах или центрах. НИЦ ПБ, соответственно, работает по стандартизованным МВИ.

Большое значение имеет метрологическая экспертиза технической документации. Это анализ и оценка технических решений (по выбору измеряемых параметров, установлению требований к точности измерений, выбору методов и средств измерений) в части МО. В данном процессе выявляются ошибочные или недостаточно обоснованные подходы, вырабатываются рациональные решения по конкретным вопросам МО. Метрологическая экспертиза включает метрологический контроль технической документации [9].

Метрологический контроль – это проверка технической документации на соответствие конкретным метрологическим требованиям, регламентированным в стандартах и других нормативных документах. Например, проверка наименований и обозначений, указанных в технической документации единиц величин или проверка использованных метрологических терминов на соответствие требованиям стандартов [10].

Специалисты ОМО принимают активное участие в разработке документации при проведении научно-исследовательских работ, экспертизы пожаров и оценки соответствия продукции обязательным требованиям пожарной безопасности, установленным законодательством Российской Федерации, что целесообразно именно на данной стадии, так как уменьшает количество ошибок.

В настоящее время в области метрологии действуют более 2 500 документов, утвержденных Росстандартом и его метрологическими институтами. Большая часть основополагающих документов (ГОСТ, ПР – правила и т.п.) регламентирует организацию и порядок выполнения различного вида метрологических работ, таких как поверка СИ, разработка и аттестация МВИ, метрологическая экспертиза технической документации, государственный метрологический контроль и надзор, анализ состояния измерений и т.д. Часть документов регламентирует методики проведения метрологических работ, то есть оценивание погрешности измерений, установление межповерочного интервала, оценивание метрологических характеристик и выбор СИ и т.п. Еще одна часть устанавливает метрологические термины и их определения, единицы величин, классы точности и нормируемые метрологические характеристики средств измерений, формы представления погрешностей измерений и др. [9].

В научно-технической библиотеке Института имеется фонд нормативно-технической документации. Фонд пополняется по мере введения в действие новых стандартов системы пожарной безопасности, системы ГСИ, стандартов на методы испытаний и т.п. Действующие нормативно-технические документы фонда актуализируются путем внесения изменений, утвержденных Росстандартом. Информация о новых стандартах и изменениях к действующим документам официально публикуется в информационных указателях (ИУС). Учитывая специфику деятельности Института, в фонд поступают официальные издания

ГОСТ, ПР, ИУС на основании Договора с Территориальным отделом распространения НТД № 3 в г. Санкт-Петербурге, который является обособленным структурным подразделением ФГУП «Информстандарт».

Одним из значимых векторов деятельности ОМО является разработка внутренних нормативно-технических документов, направленных на конкретизацию метрологических требований применительно к организации и, в частности, к НИЦ ПБ. Например, «Правила организации поверки/калибровки средств измерений, аттестации испытательного оборудования Института». Данный документ включен в Руководство по качеству в системе менеджмента. В связи с тем, что анализ документа выявил неполное соответствие современным требованиям системы менеджмента качества, есть намерение переработать Правила в Процедуру «Управление контрольным, измерительным, испытательным оборудованием», взяв за основу ГОСТ Р ИСО 10012–2008 [11].

Кроме перечисленных направлений деятельности, специалисты ОМО осуществляют метрологический контроль и надзор в подразделениях, занятых измерениями, испытаниями, исследованиями и хранением приборов, руководствуясь ФЗ РФ № 102-ФЗ и другими нормативно-правовыми актами по метрологии. В ходе проверок большую значимость имеют полнота, достоверность и объективность результатов и предложения по устранению замечаний [10].

Для эффективной работы ОМО крайне необходимо сотрудничество с другими подразделениями организации. Так, например, в октябре 2015 г. специалисты ОМО и отдела материально-технического снабжения и хозяйственного обеспечения в установленные сроки провели работу по запуску газового комплекса СГ-ЭК-Р в котельной Института, что позволило вовремя начать отопительный сезон в Институте. Работа включала: поверку и монтаж приборов; проверку соблюдения требований ГОСТ Р 8.740–2011 [12]; приемку газового комплекса ЗАО «Газпром межрегионгаз Санкт-Петербург».

Специалисты ОМО также активно сотрудничают со специалистами:

- 1) финансового отдела и бухгалтерии по вопросам планирования расходов ОМО и оплаты услуг, полученных по договорам со сторонними организациями;
- 2) юридического отдела, где получают консультации по действующему законодательству, разъяснения по новым нормативно-правовым актам, замечания и предложения при согласовании проектов договоров и других документов;
- 3) отдела кадров, который подбирает и согласовывает курсы повышения квалификации, семинары и конференции по вопросам метрологии.

Основную роль в деятельности ОМО играет руководство Института, которое обеспечивает и поддерживает развитие ОМО посредством оформления приказов и распоряжений, утверждения графиков, согласования планов и проектов, выделения денежных средств на метрологическое обеспечение.

Поиск путей совершенствования МО является актуальным аспектом деятельности организации и включает:

- анализ парка приборов, который позволяет установить уровень соответствия оснащения организации современным требованиям научно-технического прогресса, определить приоритеты в решении задач, связанных с измерениями в ходе исследований и испытаний;
- анализ соответствия МО требованиям метрологических правил и норм;
- анализ соответствия персонала установленным профессиональным критериям.

Исходя из вышеизложенного, следует выделить приоритетные направления совершенствования МО. Таковыми являются:

- а) создание единого Графика поверки приборов Университета;
- б) обновление парка приборов Института, что позволит внедрять инновационные методы испытаний с целью:
  - рационального использования ресурсов;
  - повышения прибыли и конкурентоспособности организации;
  - решения проблем удовлетворения требований потребителей;

в) постоянное повышение квалификации персонала с целью получения знаний и навыков для эксплуатации современных приборов и для разработки метрологических процедур и стандартов системы менеджмента качества.

Совершенствование МО, наряду с другими первоочередными задачами, является неотъемлемой частью успешного устойчивого развития и конкурентноспособности организации.

### **Литература**

1. Делман И.Я. Возникновение системы мер и способов измерения величин. М.: Гос. учеб.-пед. изд-во Минпросвещения РСФСР, 1956.
2. Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии имени Д.И. Менделеева. URL: <http://www.vniim.ru> (дата обращения: 13.12.2015).
3. Тест-С.-Петербург. URL: [www.rustest.spb.ru](http://www.rustest.spb.ru) (дата обращения: 13.12.2015).
4. ФГУП ВНИИМС. URL: [www.vniims.ru](http://www.vniims.ru) (дата обращения: 13.12.2015).
5. О Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии: Постановление Правительства Рос. Федерации от 17 июня 2004 г. № 294. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
6. Об утверждении критериев аккредитации, перечня документов, подтверждающих соответствие заявителя, аккредитованного лица критериям аккредитации и перечня документов в области стандартизации, соблюдение требований которых заявителями, аккредитованными лицами обеспечивает их соответствие критериям аккредитации: Приказ Министерства экономического развития Рос. Федерации от 30 мая 2014 г. № 326. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
7. РМГ 29–2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. М.: ФГУП Стандартиформ, 2014.
8. ГОСТ Р 8.568–97 ГСИ. Аттестация испытательного оборудования. Основные положения. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1998.
9. МИ 2500–98 ГСИ. Основные положения метрологического обеспечения на малых предприятиях. М.: ФГУП ВНИИМС, 1998.
10. МИ 2304-08 ГСИ. Метрологический контроль и надзор, осуществляемые метрологическими службами юридических лиц. М.: ФГУП ВНИИМС, 2008.
11. ГОСТ Р ИСО 10012–2008. Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию. М.: ФГУП Стандартиформ, 2009.
12. ГОСТ Р 8.740–2011. ГСИ. Расход и количество газа. Методика измерений с помощью турбинных, ротационных и вихревых расходомеров и счетчиков. М.: ФГУП Стандартиформ, 2011.

## **ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ В ВУЗЕ МЧС РОССИИ**

**И.М. Асеев.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Описаны педагогические условия, при которых процесс дополнительного профессионального образования становится эффективным для обучающихся сотрудников. Представлена схема интеллектуальной системы обучения надзора в процессе дополнительного профессионального образования, отличительной особенностью которой

является отсутствие блока объяснения и вывод базы знаний обучающегося из структуры «искусственного интеллекта».

*Ключевые слова:* Государственный пожарный надзор, дополнительное профессиональное образование, интеллектуальная система обучения, база знаний

## PEDAGOGICAL CONDITIONS OF EFFICIENCY OF PROCESS OF ADDITIONAL PROFESSIONAL EDUCATION AT THE UNIVERSITY OF EMERCOM OF RUSSIA

I.M. Aseev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article describes the pedagogical conditions under which the process of additional vocational training is most effective for students of employees. The scheme of intelligent surveillance system of education in the process of additional vocational training feature, which is the lack of block explanations and display knowledge of the structure of the student «artificial intelligence».

*Keywords:* State fire control, additional professional education, an intelligent learning system, knowledge base

Развитие профессионального мышления, потребностей, мотивов, формирование рефлексивной позиции субъекта учения в процессе активной интеллектуальной деятельности требует обеспечения комфортных условий для умственного труда, которые становятся обязательным дополнением системы условий, побуждающих субъекта к активной познавательной деятельности.

Обязательными педагогическими условиями успешности обучения в процессе дополнительного профессионального образования (ДПО) являются:

– создание атмосферы партнерства, взаимопомощи и поддержки, построение и направление вектора образовательной деятельности на позитивные достижения (преодоление у взрослого человека присущей ему боязни неуспеха в обучении);

– устойчивость обратной связи и нормальное функционирование акцептора действий, которые обеспечиваются при использовании средств электронно-вычислительной техники (ЭВТ) и позволяют преодолеть традиционный стереотип тождественности учебной информации и знания;

– применение в учебном процессе диалога как ведущей формы субъект-субъектного взаимодействия в соответствии с его педагогическим потенциалом обеспечивает условия, в которых субъект-субъектное взаимодействие участников учебного процесса приобретает характер делового общения;

– организация взаимодействия преподавателя и обучающегося при «посредничестве» ЭВМ по принципу интеллектуальной системы обучения (ИСО), которая позволяет в эргатической системе «отдать все человеческое – человеку, а машинное – машине» (Н. Виннер).

Обоснуем выделенные педагогические условия успешности обучения в процессе ДПО сотрудников Государственной противопожарной службы в вузе МЧС России.

Направление вектора образовательной деятельности на позитивные достижения. В процессе обучения должна быть обеспечена такая система условий, в которой субъект не по принуждению, а по внутреннему побуждению занимает активную позицию и проявляет интеллектуальные инициативы. Внутреннее побуждение в значительной степени обуславливается системой потребностей познающего субъекта и структурой его мотивационной сферы. В ситуациях, когда направление усилий всех участников педагогического процесса смещается с «производства знаний» на «производство отметки»

(традиционная система обучения в «школе памяти»), мотивы достижения начинают доминировать над познавательными мотивами в мотивационной сфере обучающегося [1].

Следует отметить, что основу мотивации достижения составляет, по Д. Аткинсону, стремление к успеху и избегание неудачи. Общая сила стремления или энергия, освобождаемые при этом, представляют собой произведение субъективной вероятности успеха – неудачи, силы стимуляции и силы мотива достижения. Поэтому в условиях низкой вероятности достижения сила стремления уменьшается за счет снижения неопределенности ситуации [1].

В обучении (жизни и деятельности) нельзя отказаться от мотивации достижения или выделить чистую культуру познавательной мотивации, свободной от прагматики. Однако с позиций общего и профессионального развития личности необходимо создать такие условия, в которых познавательная деятельность становится целью достижения, которое определяет дальнейшее движение в содержании усваиваемого учебного материала.

Следовательно, мотивация достижения должна служить мотивации познавательной, а мотивы достижения стать субдоминантными по отношению к мотивам познавательным.

Результаты экспериментальных исследований психологов и педагогов позволяют сделать вывод о том, что ведущая роль познавательных мотивов, определяющих смысл познавательной деятельности для субъекта, в процессе обучения является необходимым условием для развития учебно-познавательных способностей обучающихся [1, 2]. Познавательная мотивация выступает не столько проявлением устойчивой личностной черты, сколько отражением заданных условий деятельности.

В работах А.М. Матюшкина, Т.А. Платоновой показано, что познавательная мотивация рождается всякий раз как первичная, ситуативная потребность и является неотъемлемым элементом проблемной ситуации. Она является относительно самостоятельным психологическим фактором, определяющим тип и уровень активности человека. С увеличением интенсивности познавательной мотивации время, уделяемое познавательной деятельности, значительно возрастает [3, 4].

Уровень и содержание активности обучающегося, которая побуждается системой дидактических условий, является одной из основных предпосылок достижения целей обучения и воспитания, общего и профессионального развития личности специалиста. При этом уровень активности можно считать интегральным показателем проявления внутренних условий (прошлый опыт, вид и уровень мотивации, система отношений личности с миром и другими субъектами и т.д.), через которые действуют внешние причины (принцип детерминизма в психологии).

Следовательно, повышение уровня активности познающего субъекта указывает не на принуждение, а на побуждение к активности в познавательной деятельности.

Особенно следует выделить принципиальный вывод, к которому корректно и обоснованно приходят исследователи [4, 5]: развитие познавательных мотивов обуславливает развитие профессиональной мотивации в процессе обучения.

Профессиональные и познавательные мотивы имеют общую познавательную природу, но выступают как относительно независимые сущности, характер взаимодействия которых обусловлен содержательными и динамическими характеристиками познавательных и профессиональных мотивов осуществляемой деятельности. Познавательные мотивы релевантны учебной деятельности, а профессиональные адекватны как учению, так и профессиональной деятельности специалиста. Познавательные мотивы представляют собой источник развития любой деятельности субъекта, определяя направление ее трансформации в конкретную область познания, в том числе и профессиональную.

Таким образом, познавательные мотивы, иницируя процесс деятельности, не только определяют направление ее развития, но и выступают источником различных трансформаций в ее структуре, касающиеся, прежде всего, мотивационной основы и проявляющиеся в порождении новых мотивов, в том числе профессиональных. При этом под профессиональными мотивами понимают такие мотивы, которые подвигают субъект

к совершенствованию ее способов, средств, форм, методов, а также мотивы профессионального роста [2, 5].

В активности обучающегося представлены два аспекта – познавательный и профессиональный – в соответствии с различием предметов выполняемых им действий и поступков. Леонтьев А. писал, что «в процессе деятельности постоянно происходят трансформации, затрагивающие и мотивацию как ее подструктуру; при этом преобразование отдельных «осколков» деятельности вообще невозможно, это означало бы не ее трансформацию, а деструкцию» [6, с. 112].

Действительный опыт обучения может быть реактивным (когда что-то происходит с человеком спонтанно) и проактивным (когда человек намеренно стремится получить этот опыт) (Э. Парслоу) [7]. Процесс приобретения нового опыта происходит под влиянием прошлого опыта и личностного, и профессионального (какими эмоциями он был окрашен, как воспринимались ошибки, каких успехов достигал человек в прошлом опыте и т.д.).

Ошибки – специфический феномен, неизбежно возникающий в процессе выполнения любого действия и, казалось бы, препятствующий формированию опыта. Но в действительности переживание ошибок играет большую роль в формировании профессионального опыта. Через преодоление ошибок человек движется к профессиональному мастерству.

Опыт не может возникнуть из знания одних только правил. Попытки исполнения действия в соответствии с правилами обязательно влекут за собой ошибки. Ошибка здесь – результат активности по освоению границ, пределов, внутри которых результат может считаться нормальным.

В ошибках проявляется разница между вербальными формулировками и двигательным исполнением. Такого рода ошибки обязательны – они источник профессионального развития и трансформации опыта любого человека. Переживание вины за совершенную ошибку становится базой для накопления опыта в течение длительного периода времени, а не просто после однократного исполнения.

В нормальных условиях, в позитивном случае, социальный контроль является основой формирования профессионального опыта. Это происходит в следующей последовательности: ошибка – социальная оценка, критика – осознание способа выполнения – поиск нового – обучение – изучение пределов своих возможностей – совершенствование.

Условия учебной проблемной ситуации могут обеспечить формирование профессиональных мотивов в том случае, когда мотивы достижения служат развитию познавательных мотивов, а познавательная деятельность является целью деятельности обучающегося. При этом профессиональные мотивы выступают побочным продуктом внутрикомпонентного взаимодействия познавательного мотивационного синдрома (Н.А. Бакшаева) [5].

Устойчивость обратной связи и нормальное функционирование акцептора действий, продуктивность интеллектуальной деятельности зависит от сформированности мыслительных навыков, овладения методами мышления и в значительной степени от функционирования акцептора действий, который «...производит сопоставление результатов афферентного синтеза, то есть замысла действия, с результатами произведенного действия» [8, с. 304]. Понятие «акцептор действия» введено П.К. Анохиным в теории обратной афферентации (обратной связи), в которой он убедительно раскрывает ее значение для целесообразного поведения человека.

В контексте теории любому трудовому действию предшествует формирование в головном мозгу аппарата оценки предстоящего действия (акцептора действия), который непрерывно сличает замысел с текущими результатами и в итоге такого сличения вносится непрерывная коррекция с помощью обратной афферентации (обратной связи). В свою очередь, обратная афферентация в поведенческом акте человека (в любом физиологическом процессе) информирует о результате совершенного действия, давая возможность человеку оценить степень успеха движения, действия, поведения.

Бернштейн Н.А. акцептор действия назвал прибором сличения и перешифровки, который воспринимает расхождения фактического и требуемого значения действия и вносит коррекцию по обратной связи в действие исполнительного органа. Обратная афферентация своим критерием имеет то намерение, цель, которую хочет осуществить человек. Если обратная связь относится к конечному результату, то она формируется под прямым воздействием цели.

Скаткин М.Н., анализируя значение обратной связи и функционирования акцептора действия при проблемном профессионально-техническом образовании, отмечает: «Первоочередной задачей при обучении практическим навыкам и умениям является обеспечение обратной связи между совершаемыми действиями и их результатами и использование этой связи для активного регулирования и уточнения совершаемых действий» [9, с. 66], а в итоге приходит к следующему выводу: «Наличие обратной связи, нормальное функционирование акцептора действий является неременным условием успеха в труде. Последнее обстоятельство способствует образованию у учащихся профессиональной доминанты» [9, с. 304].

В тех случаях, когда обучающийся вовлекается в интеллектуальный труд, необходимым условием его успеха является обеспечение оперативной обратной связи, которая обуславливает эффективную работу механизма акцептора действия.

С этих позиций становится не только целесообразным, но и необходимым адекватное использование средств ЭВТ, которые избавляют обучающихся от однотипных многократных математических вычислений, позволяют им активизировать интеллектуальную деятельность и осознать роль компьютера в условиях решения профессиональной задачи.

Психолого-педагогические аспекты, проблемы и возможности компьютерного обучения в эпоху информационного взрыва и на пороге эры «направленного развития» (так навал XXI в. академик Н.И. Моисеев) рассматриваются в работах известных зарубежных и отечественных психологов и педагогов: Г.А. Бордовского, В.А. Извозчикова, В.Ф. Венды, Б.С. Гершунского, А.П. Ершова, А.С. Кондратьева, В.В. Лаптева, Г.С. Сухобской, С.С. Свириденко, А.И. Ракитова, А.П. Суханова, А.Ф. Эсаулова, О.К. Тихомирова, Ю.Н. Кулюткина, В.П. Беспалько, И.В. Роберт, Ф. Янушкевича, К. Маклина, Р. Вильямса, Е.И. Машбица, Д. Мичи, Р. Джонстона и др.

В процессе проблемно-творческой деятельности обучающиеся способны осознать свое место в эргатической системе и свои возможности, а также возможности и функции машины, «мощь и ограниченность искусственного интеллекта машины» в сравнении с естественным интеллектом человека. При этом встречная адаптация человека и машины с приоритетной ролью человека становится необходимым условием работы эргатической (человеко-машинной) системы. «Человеко-машинная» система «обладает» «гибридным интеллектом» (естественный интеллект обучаемого + искусственный интеллект ЭВМ).

Гибридный стиль мышления системы «компьютер-человек» присущ ей как адаптивной системе информационного взаимодействия, приспособленной для интенсификации решения интеллектуальных задач при оптимальном использовании возможностей каждого оператора (В.Ф. Ванда и Б.Ф. Ломов). При этом, как отмечает профессор В.А. Извозчиков, следует обратить «...внимание на мысль Э. Стоунса о том, что устройство не может заменить серьезные размышления и педагогическую опытность» [6, с. 41].

С этих позиций функционирование всех структурных компонентов естественного интеллекта, качество их взаимосвязи определяют в итоге эффективность накопительной и преобразующей системы индивида, без которой невозможна его продуктивная учебно-познавательная, учебно-творческая деятельность и моделируемая профессиональная деятельность. В этой связи системы восприятия, памяти, мышления, внимания обучаемого должны быть осознаны как равноценные по своему значению структурные компоненты естественного интеллекта, которые необходимо развивать в процессе обучения с учетом возрастных особенностей умственной деятельности обучающихся.

Таким образом, подготовка обучающегося к выполнению приоритетной роли в эргатической системе должна обеспечиваться в процессе специальных компьютерных

технологий обучения – процессов подготовки и передачи специальной информации обучающемуся, средством осуществления которых является компьютер.

Устойчивость обратной связи и нормальное функционирование акцептора действий, которые обеспечиваются при использовании средств ЭВТ, позволяют преодолеть традиционный стереотип тождественности учебной информации и знания. Это имеет принципиальное значение для практической деятельности специалиста, так как именно знания, а «не перекодированная на языке мозговых структур информация» (А.А. Вербицкий), являются ориентировочной основой всех его предметных действий и поступков.

Учебная информация – это определенная знаковая система, которая содержит сведения, данные о предметах и явлениях действительности вне зависимости от воспринимающего ее субъекта. Как отмечает А.А. Вербицкий, «учебная информация – это определенная знаковая система, какой-то текст учебника или учебного пособия, звуки произносимых преподавателем слов, которые должен воспринять и усвоить студент» [5, с. 55].

Осмысленная в практической деятельности и воспроизведенная в различных формах учебная информация «изменяет характер» первоначального ее восприятия познающим субъектом. Отражение предметности, осмысленности, избирательности, устойчивости содержания учебного материала достигает полноты и откладывается в сознании познающего субъекта в виде представлений. Представления, в свою очередь, выступают в качестве компонентов, «кирпичиков», из суммы которых складывается содержание знания.

Знание как осознанное отражение действительности, осмысленное в практической деятельности приобретает личностный смысл усвоения и становится подструктурой личности, включающей не только отражение предметов объективной действительности, но и действенное отношение к ним.

В условиях, когда механизмы психических функций и процессов находятся в состоянии наибольшей активности, происходит не только мобилизация интеллектуальных сил человека развитие потребности в учении, но и осуществляется развитие информационных потребностей, а также потребностей в творчестве, что имеет принципиальное значение при формировании системы «профессиональная личность».

Таким образом, эффективное функционирование эргатической системы с устойчивой обратной связью и нормальным функционированием акцептора действий в значительной степени способствует: формированию алгоритмичности и эвристичности мышления; развитию рассудочного («левое» полушарие) и интуитивного («правое» полушарие) мышления; рефлексивному самоопределению в информационных системах обучения; рефлексивному самопознанию собственных информационных потребностей; развитию сознания и сверхсознания с использованием материала накопленного в подсознании («левое» и «правое» полушарие).

Диалог как ведущая форма субъект-субъектного взаимодействия участников процесса обучения. В современной психологии проблематика исследований, влияющих и на педагогические поиски, сконцентрировалась вокруг двух ключевых направлений – предметной деятельности и общения. В первом направлении актуализируется индивидуальная предметная деятельность, взаимодействие человека с вещным окружением (субъект-объектное взаимодействие), а во втором – совместная деятельность, диалогическое взаимодействие двух и более субъектов. При этом уровень активности поднимается на более высокий уровень – социальный (А.А. Бодалев, Б.Ф. Ломов, А.М. Матюшкин, А.В. Петровский и др.).

В контексте становления профессиональной деятельности именно социальная активность познающего субъекта в процессе обучения становится необходимым условием для его профессионального развития. Содержание подготовки специалиста не ограничивается предметным содержанием, обеспечивающим профессиональную компетентность специалиста. Содержание подготовки специалиста имеет социальную составляющую, которая должна обеспечить развитие способности общения и социального взаимодействия (работа в коллективе, управление производством, организация процесса производства и т.д.).

Эти умения необходимы не только для осуществления будущей профессиональной деятельности, но являются условиями развития человека в обществе. Леонтьев А.Н. отмечал следующее: «Отношения человека к миру всегда опосредованы отношением человека к другим людям, его деятельность всегда включена в общение. Общение в своей исходной форме, в форме совместной деятельности или в форме общения речевого или даже мысленного составляет необходимое и специфическое условие развития человека в обществе» [1, с. 422].

В психологии высшей школы (в работах А.М. Матюшкина) введено понятие диалогического проблемного обучения как наиболее полно и адекватно передающего сущность процессов совместной деятельности преподавателя и студентов, их взаимной активности в рамках «субъект-субъектных» отношений [3].

Посталюк Н.Ю. корректно доказано, что при использовании педагогического потенциала диалога в учебном процессе обеспечивается становление рефлексивной позиции обучающихся, показателями которой становятся критичность мышления, стремление к доказательности и обоснованию своей позиции, готовность вести дискуссию, способность ставить вопросы, готовность к адекватной самооценке [10].

Выделенные показатели рефлексивной позиции познающего субъекта позволяют сделать вывод о том, что при реализации субъект-субъектной парадигмы в процессе обучения происходит развитие субъективного интенционального опыта, приобретение которого, в свою очередь, обуславливает развитие индивидуальных интеллектуальных способностей и адекватных ментальных репрезентаций действительности. Развитие индивидуального ментального опыта в процессе становления рефлексивной позиции познающего субъекта обеспечивает не только качество его предметных действий, но и поступков как аналогов мыследействия, что имеет принципиальное значение для обучения контекстного типа.

Исследователи отмечают, что применение в учебном процессе диалога как формы субъект-субъектного взаимодействия в соответствии с его педагогическим потенциалом обеспечивает условия, в которых субъект-субъектное взаимодействие участников учебного процесса приобретает характер делового общения. «При деловом общении партнеры в процессе взаимодействия хотят достичь и достигают определенного результата-продукта (интеллектуального, материального и т.п.). При этом осуществляется творчество и сотворчество в деятельности, направленной на создание нового продукта, получения результата совместными усилиями».

### **ИСО в процессе дополнительной профессиональной подготовки**

Под ИСО понимается интеллектуальная система для обучения человека какому-либо роду деятельности или система, используемая в процессе обучения школьников, студентов и т.д. Тогда под интеллектуальной системой профессионально направленного обучения следует понимать интеллектуальную систему, которая позволяет будущему специалисту овладеть структурой целостной профессиональной деятельности. Посредством интеллектуальной системы профессионально направленного обучения в учебно-воспитательном процессе должно осуществляться сближение структур учебной и профессиональной деятельности в предметном и социальном аспектах.

Власовой Е.З. предложена классификация обучающих интеллектуальных систем (ИС) по типу решаемых задач, которая включает в себя: интеллектуальные информационные системы; естественно языковые системы; программы компьютерной графики; экспертные системы обучения; гибридные интеллектуальные системы; интеллектуальные роботы; интеллектуальные тренажеры; компьютерные обучающие программы [11].

В общую структурную схему ИСО для обучения, которая предлагается Е.З. Власовой, включаются функциональные блоки: интеллектуальный интерфейс, база данных (БД), база знаний (БЗ), система дидактического планирования, блок логического вывода и блок объяснения.

Интеллектуальный интерфейс обеспечивает эффективную обратную связь системы с пользователем и внешней средой (естественноязыковый блок и блок когнитивной графики). БД содержит постоянные сведения о предметной области (константы, табличные данные и т.д.), интерактивный обмен информацией между пользователем и системой. Блок когнитивной графики дает возможность пользователю воспринимать результаты работы системы в графической форме и общаться с ней на языке графики.

БЗ содержит знания и следующие структурные компоненты: БЗ из предметной области; БЗ по организации учебного процесса; БЗ по возможным ошибкам обучающихся при изучении конкретной учебной дисциплины. Система дидактического планирования обеспечивает целенаправленную работу ИС в зависимости от уровня подготовки, возрастных особенностей пользователя, а также содержания общих и частных дидактических целей. Блок логического вывода выбирает необходимые сведения из БЗ, БД и других блоков системы, на основе которых формируется заключение о возможных путях решения учебной проблемы обучающегося. Блок объяснения служит для обоснования полученных системой решений с привлечением информации, которая хранится в БЗ. Блок объяснения вызывается по желанию пользователя.

Концептуальный подход к формированию БЗ и принципы разработки ИС рассмотрены в работах [6, 11]. Обращает на себя внимание оценка авторами трудоемкости формирования БЗ, в разработке которой участвуют совместно методист-предметник, когнитолог, программист, преподаватель. При этом на практике арбитром системы «пользователь-ИСО» выступает преподаватель. Такой подход к конструированию ИСО представляется сомнительным с позиций содержания современных задач высшего образования, так как эксперт, когнитолог и преподаватель совместными усилиями «просчитывают» не только действия пользователя, но и его возможные ошибки. На рисунке представлена разработанная схема ИСО, отличительной особенностью которой является отсутствие блока объяснения и вывод базы знаний обучающегося из структуры «искусственного интеллекта». Система дидактического планирования обеспечивает целенаправленную работу ИС в зависимости от уровня подготовки, возрастных особенностей пользователя, а также содержания общих и частных дидактических целей.

Блок логического вывода выбирает необходимые сведения из БД и других блоков системы, на основе которых формируется оценочное заключение работе обучающегося. Блок данных не содержит всю нормативную и справочную информацию, что обеспечивает формирование навыков и умений работы со справочной литературой.

Разработка и внедрение в учебный процесс ИСО должны обеспечить: сотрудничество преподавателя и обучающегося при отработке компонентов компетенций; возможность воспроизводить учение как индивидуальную творческую деятельность по преобразованию профессионально значимых образцов освоения, заданных в обучении; обязательность рефлексивного контроля над результатами деятельности и приобретаемыми знаниями; приоритет естественного интеллекта в человеко-машинной системе.

Задача обеспечения устойчивой обратной связи в субъект-субъектной системе «преподаватель – обучающийся» при решении профессиональных проблем обуславливает необходимость разработки интеллектуальной системы обучения профессиональной деятельности на основе соединения личностных и внеличностных знаний всех субъектов и объектов, включенных в решение профессиональной проблемы. Интеллектуальная система, обладающая интеллектуальным интерфейсом, приобретает способность «содействовать повышению среднего уровня интеллектуальности» [6]. По мнению В.К. Финна, именно «в этом состоит их просветительная функция, могущая проявляться на ранних стадиях развития личности» [6].

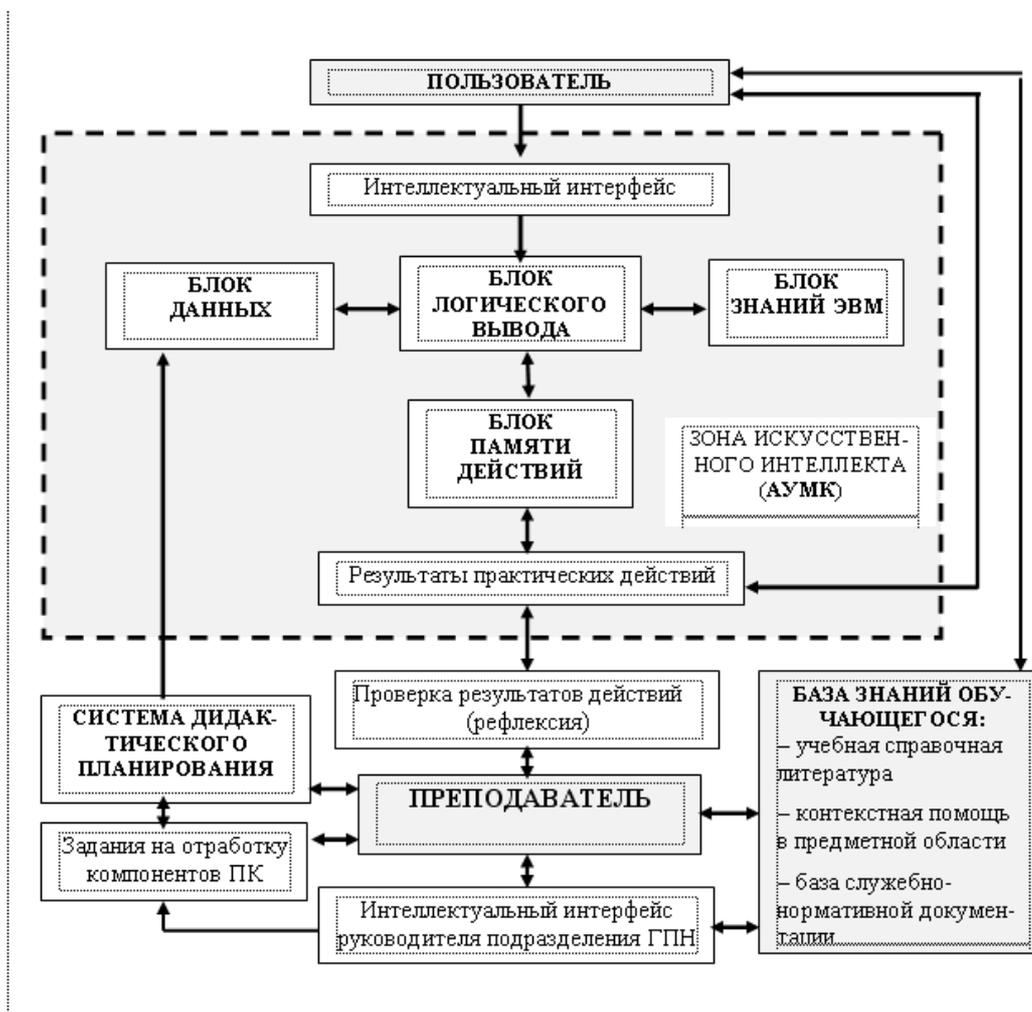


Рис. ИСО сотрудников ГПН  
в процессе дополнительного профессионального образования

### Литература

1. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М., 1975. С. 20.
2. Вилюнас В.К. Психологические механизмы мотивации человека. М.: Изд-во МГУ, 1990. 288 с.
3. Матюшкин А.М. Актуальные проблемы психологии в высшей школе. М., 1977.
4. Вербицкий А.А., Платонова Т.А. Формирование познавательной и профессиональной мотивации. М., 2006. 143 с.
5. Вербицкий А. Бакшаева Н. Развитие мотивации в контекстном обучении // *Alma mater*. 1998. № 1, 2. С. 47–50.
6. Информационные технологии в непрерывном образовании (проблемы методологии и теории) / под общ. ред. В.А. Извозчикова. СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 1991.
7. Парслоу Э., Рэй М. Коучинг в обучении: практические методы и техники. СПб.: Питер, 2003.
8. Анохин П.К. Физиология и кибернетика: Философские вопросы кибернетики: сб. М., 1961.
9. Скаткин М.Н. Совершенствование процесса обучения. М., 1971.
10. Посталюк Н.Ю. Дидактическая система развития творческого стиля деятельности студентов: автореф. ... д-ра пед. наук. Казань, 1993.
11. Власова Е.З. Концепция и методология разработки и использования интеллектуальных систем в обучении. СПб.: Образование, 1996.

# **СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В КОНТЕКСТЕ ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРОЦЕССА КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ВУЗАХ МЧС РОССИИ**

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

**А.А. Пермяков.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются возможные варианты использования информационно-коммуникационных технологий в процессе курсового проектирования. Анализируются проблемы интеграции информационных ресурсов профильных кафедр и ресурсов образовательных учреждений МЧС России.

*Ключевые слова:* информационный ресурс, виртуальный информационный комплекс, информационно-коммуникационные технологии, интерфейс, курсовое проектирование, образовательный портал

## **NETWORK TECHNOLOGIES IN THE CONTEXT INFORMATION AND METHODOICAL SUPPORT OF PROCESS OF COURSE DESIGN IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF EMERCOM OF RUSSIA**

T.A. Kuzmina; A.A. Permaykov.

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

Possible options of use of information and communication technologies in the course of course design are considered. Problems of integration of information resources of profile chairs and resources of educational institutions of EMERCOM of Russia are analyzed.

*Keywords:* information resource, virtual information complex, information and communication technologies, interface, course design, educational portal

Применение открытых информационных систем, к которым вполне можно отнести русскоязычную часть всемирной сети Интернет, а также интранет сети и экстранет сети российских вузов, в том числе вузов МЧС России, рассчитано на использование всего объема доступной в данный момент информации в определенной ее сфере, что позволяет осуществлять усовершенствование механизмов управления общественным устройством, способствовать гуманизации и демократизации общества, а также повышать уровень благосостояния граждан. Процессы так называемой информатизации общества способствуют не только ускорению научно-технического прогресса, интеллектуализации всех видов человеческой деятельности, но и созданию качественно новой информационной среды социума, обеспечивающей развитие творческого потенциала каждого члена социума. Одним из приоритетных направлений процесса информатизации современного общества является информатизация образования – процесс обеспечения сферы образования методологией и практикой разработки и оптимального использования современных или, как их принято называть, новых информационных технологий, ориентированных на реализацию психолого-педагогических целей обучения и воспитания [1].

Для реализации системы интернет-поддержки курсового проектирования в режиме реального времени, так называемом режиме он-лайн, курсантов и студентов, обучающихся в вузах МЧС России, могут быть задействованы следующие средства:

– аппаратные: компьютеры с определенными характеристиками в точках подключения учреждений образования к сети Интернет; серверы Центра телекоммуникаций и информационных систем в образовании, обеспечивающие удаленное взаимодействие слушателей и студентов как между собой, так и с виртуальными ресурсами профильных кафедр;

– информационные: виртуальные ресурсы, созданные для поддержки курса на сервере Центра телекоммуникаций и информационных систем в образовании, а также специально разработанные программные средства, обеспечивающие функционирование информационных сервисов профильных кафедр;

– методические: комплекс материалов по использованию банков учебной информации, виртуальных ресурсов профильных кафедр;

– средства работы с системами публикаций, форумом, учебными маршрутами, предназначенными для обеспечения процесса курсового проектирования.

Телекоммуникационный этап процесса курсового проектирования в качестве модели сетевой совместной деятельности, использующей специализированные ресурсы головной кафедры (например, специально сформированный учебно-методический комплекс поддержки процесса курсового проектирования), включает в себя нижеследующее:

– определение принципов взаимодействия участников совместной деятельности (слушателя-исполнителя и преподавателя-руководителя) в ходе работы над темой курсового проекта;

– задание пространства конструирования личных целей при взаимодействии участников курсового проектирования;

– задание пространства конструирования общих целей в процессе взаимодействия участников курсового проектирования;

– задание ситуации, при которой решается поставленная задача курсового проектирования и создается культурно-образовательный «продукт»;

– задание пространства взаимодействия, которое выступает в качестве основного инструмента взаимодействия участников курсового проектирования с предметной областью и друг с другом в ходе процесса курсового проектирования;

– задание условий для создания «опредмеченного» результата участия и взаимодействия в процессе курсового проектирования [2].

Как правило, специализированный ресурс поддержки процесса курсового проектирования размещается на образовательном портале высшего учебного заведения.

Основные равнозначные составляющие образовательного портала в системе обучения сотрудников Государственной противопожарной службы применительно к особенностям функционирования вузов МЧС России можно представить в следующей условной последовательности:

– оперативный доступ к информационным ресурсам учебного назначения, предоставляющим образовательные услуги соответствующих учреждений и организаций, который в совокупности обеспечивает функционирующие веб-серверы, в частности наиболее распространенные кроссплатформенный HTTP-сервер Apache или работающий на Unix-подобных (многопользовательских) операционных системах веб-сервер Nginx, почтовые серверы, клиенты для обращения к веб-серверам – как правило – веб-браузеры или мобильные телефоны с протоколом WAP;

– инфо-телекоммуникационная форма маркетингового обеспечения открытого образования (сетевой маркетинг), посредством серверного программного обеспечения, способствующая созданию нового коммуникационного пространства и информационного поля участников образовательного сообщества;

– перспективное коммерческое направление использования возможностей информационно-телекоммуникационной сети Интернет в форме сетевого дистанционного обучения, когда получение образования происходит в месте, отличном от места нахождения образовательного учреждения или организации;

– одно из средств вхождения в единое международное информационное образовательное пространство.

Таким образом, образовательный портал (мультисервисный сервер системы образования в вузах МЧС России) обеспечивает реализацию информационной поддержки процесса курсового проектирования различных образовательных учреждений МЧС России, а также предоставляет обширный набор разнообразных услуг специалистам образовательной сферы, ученым и обучающимся. Процесс курсового проектирования, реализуемый посредством осуществления функций образовательного портала, предъявляет специфические требования к информационной поддержке курсового проектирования:

- безусловная и сознательно структурированная формализация;
- создание и сохранение технических решений, которые получены в ходе курсового проектирования;
- их передача или трансферт в процессе консультаций или защиты курсового проекта от места проживания слушателя или студента заочной или дистанционной форм обучения в высшее учебное заведение МЧС России;
- контроль или аттестация содержания текстовой и графической части курсового проекта в процессе консультаций или защиты.

Организация службой поддержки курсового проектирования требует решения двух основных задач:

- административного оформления (работы по поддержке пользователей программного обеспечения курсового проектирования должны осуществлять одно или несколько специализированных подразделений учебного заведения МЧС России);
- технического обеспечения (создание инструментальных средств, обеспечивающих фиксацию замечаний, возникающих при работе со специализированным программным обеспечением процесса курсового проектирования и ход их обработки) [3].

Техническими средствами, используемыми службой информационной поддержки процесса курсового проектирования, как правило, являются:

- электронная почта как средство сбора замечаний и предложений пользователей информационной службы поддержки процесса обучения в вузах МЧС России;
- групповое общение в так называемой «медленной» форме – веб-форум или «быстрой» форме – чат как средство интерактивного взаимодействия с пользователями информационной службы поддержки процесса обучения;
- реляционная база данных как средство мониторинга приемки и обработки замечаний пользователей информационной службы поддержки процесса обучения.

Все поступающие по электронной почте в адрес службы информационной поддержки процесса обучения замечания и пожелания слушателей и студентов, выполняющих курсовой проект, заносятся в специальную базу данных – «Базу поддержки». Интерфейс построен на основе шаблона стандартной почтовой базы, что позволяет оптимально организовать и систематизировать работу отдела сопровождения программного обеспечения поддержки курсового проектирования.

Особенность вышеозначенного программного средства заключается в возможности «обработки» запроса по содержанию процесса курсового проектирования, поступающего на электронный адрес службы информационной поддержки процесса обучения. При поступлении каждого электронного письма создается специальный документ – протокол.

Протокол – это редактируемая интерактивная форма, с помощью которой проводится мониторинг работы службы поддержки с запросами слушателей и студентов заочной или дистанционной форм обучения, работающими над курсовыми проектами.

Протокол содержит определенный набор полей, условно разделяемый на две категории:

- поля с постоянными значениями, которые характеризуют источник обращения (название комплектующего органа, номер варианта задания на курсовое проектирование, Ф.И.О. отправителя, дата прихода);

– поля с переменными значениями, которые отражают так называемую динамику работы с запросом (Ф.И.О. и должность руководителя курсового проектирования, название кафедры, статус и история запросов, текущий вид и сроки отправки консультации).

В процессе обработки запроса на консультацию по теме курсового проектирования значения вышеозначенных полей могут видоизменяться.

Алгоритм обслуживания сообщений, которые поступают от слушателей и студентов заочной и дистанционной форм обучения по тематике курсового проектирования, схематично представлен на рисунке.

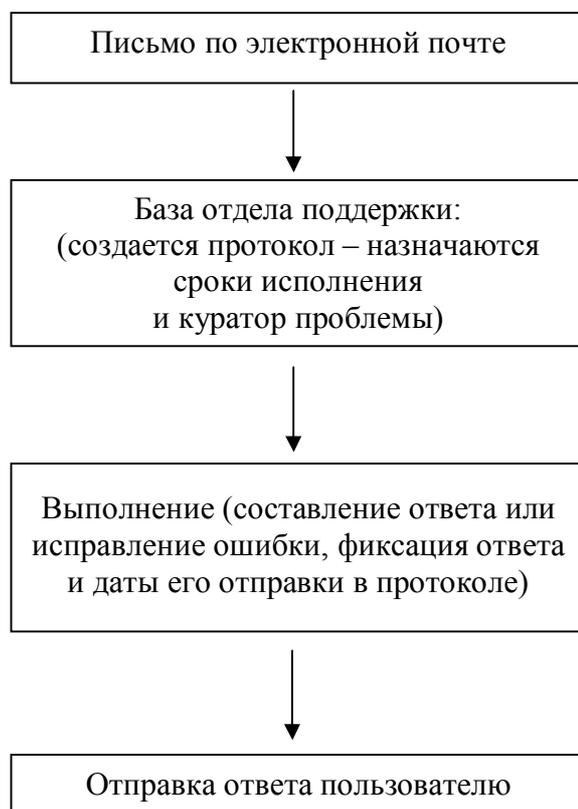


Рис. Технология обслуживания сообщений

Для того чтобы повысить качество обслуживания, в обязанности службы поддержки входит как изучение поступающих электронных писем, так и разработка списка «часто задаваемых вопросов» или F.A.Q. На часто задаваемые вопросы происходит формирование стандартных ответов, которые сохраняются в базу данных по темам курсового проектирования, и наличие которых позволяет обеспечить максимальную оперативность ответов руководителей курсового проектирования. Наиболее часто задаваемые вопросы и ответы на них размещаются в соответствующем разделе главного меню типового интерфейса – раздел «Вопросы-ответы».

Аналитическая обработка электронных информационных потоков в службе информационной поддержки курсового проектирования и эксплуатации любого веб-портала вуза МЧС России подчас бывает затруднена, что, как правило, является следствием нижеследующих факторов:

- посредственная структурированность входящих запросов по теме курсового проектирования;
- нечеткая логика вышеозначенных запросов со стороны слушателей и студентов;
- неоднозначность и/или неполнота в ходе изложения по сути запроса;
- несогласованность и даже некоторая противоречивость данных в запросе на консультацию по теме курсового проектирования.

Решение изложенных проблем находится в плоскости создания «единой системы координат» в едином централизованном информационном пространстве конкретной прикладной области профессиональной области деятельности сотрудника Государственной противопожарной службы, дистанционно обучающегося в вузе МЧС России.

Кроме этого, изучение информационных факторов курсового проектирования, а также выявление видов информационной деятельности и тождественных им видов учебной деятельности с использованием современных ИТ является прерогативой деятельности информационного веб-портала в вузе МЧС России в следующих областях:

- изучение информационных факторов каждого явления или процесса курсового проектирования, которые описываются тем или иным учебным предметом;

- изучение и осуществление сбора и обработки информации в процессе курсового проектирования, а также выявление форм и методов осуществления задачи курсового проектирования;

- осуществление сообразного выбора с учетом оригинала и реализация средств моделирования и формализации изучаемых или исследуемых свойств объектов и их отношений, а также закономерностей процессов, явлений живой и неживой природы, которые используются при реализации темы курсового проектирования;

- выявление различных способов продуцирования учебной информации и создания информационного ресурса поддержки курсового проектирования современными средствами информационно-коммуникационных технологий.

Принятая на веб-портале концепция и технология построения документальной среды позволяет системе информационной поддержки процесса курсового проектирования призвана обеспечить:

- доступ слушателям и студентам к среде и интуитивно понятную навигацию по соответствующим фрагментам информационной среды в границах установленных прав доступа через наиболее распространенные клиентские веб-браузеры, WAP-протоколы, другие разнообразные программы и систему интерактивного взаимодействия с пользователями («Текущие консультации», «Тематические консультации», «Форумы», «Чаты», «Новости», «Вопросы-Ответы», «Вопросы-Замечания-Пожелания»);

- наполнение кафедрами учебного заведения документальной среды определенными информационными материалами, связанными с тематикой курсового проектирования с учетом единого формата, принятого в данном конкретном вузе МЧС России;

- получение необходимых консалтинговых услуг через корпоративное средство сбора, хранения и обработки замечаний (база данных «Сопровождение»).

Веб-портал учебного заведения, содержащий виртуальный учебно-методический комплекс курсового проектирования, может включать нижеследующие компоненты:

- средства организации и поддержки потоков информационных данных в целом (на уровне системы);

- системные средства управления доступом к данным для различных категорий удаленных пользователей и информационной безопасностью многопользовательского доступа с возможностью веб-управления содержимым, персонализацией, доступом, классификацией;

- эффективные средства навигации и поиска в рамках информационной системы в целом с потенциальным блоком формирования представления результатов полнотекстового поиска;

- унифицированные средства визуализации актуальной информации;

- все признаки открытой системы (средства гибкой настраиваемости и развития, мультиплатформенность).

Функционирование веб-портала должно поддерживаться системой приложений, которая, в свою очередь, образует три группы интерфейсов.

Первая группа интерфейсов:

- аккумулирует в базу данных «Сопровождение» информацию из источников разной направленности (входящие запросы на консультирование и исходящие ответы руководителя курсового проектирования, протоколы обслуживания запросов);
- учитывает текущую успеваемость слушателей и студентов заочной и дистанционной форм обучения, а также выполнение графика работы над курсовыми проектами;
- поддерживает актуальность используемых данных через систему поддержки разделов портала дистанционного обучения: «Вопросы-Ответы», «Вопросы Замечания Пожелания», «Информационно-аналитические материалы»;
- обеспечивает функционирование системы мониторинга и актуализации разделов «Форум» и «Новости»;
- обеспечивает функционирование системы актуализации протоколов базы данных «Сопровождение»;
- поддерживает непрерывный процесс самообучения профессорско-преподавательского состава вузов МЧС России и обслуживающего веб-портала персонала с помощью системы актуализации фрагментов предметных знаний документальной среды базы данных «Сопровождение», например «Технологии».

Вторая группа интерфейсов – это вспомогательные офисные приложения, которые позволяют актуализировать выборки данных, получаемых на основании запросов, в том числе и на консультации по тематике курсового проектирования к общеуниверситетской базе данных «Сопровождение» и к общим базам данных комплекствующих органов и других учебных заведений МЧС России.

Третью группу могут составлять некоторые прикладные интерфейсы, предоставляемые веб-порталом учебного заведения МЧС России, в число которых входит:

- «Открытый Форум», позволяющий обмениваться профессиональным опытом и получать так называемые офф-лайн интернет-консультации в том числе неавторизованным слушателям и студентам заочной и дистанционной форм обучения как по тематике выполняемого курсового проекта, так и по текущим вопросам самостоятельно изучаемого материала данной учебной дисциплины;
- «Технический Форум», позволяющий обмениваться профессиональным опытом и получать офф-лайн интернет-консультации только зарегистрированным и авторизованным слушателям и студентам заочной и дистанционной форм обучения по вопросам, которые связаны с тематикой курсового или дипломного проектирования;
- «Чат» администраторов, обеспечивающий слушателям и студентам заочной и дистанционной форм обучения настраиваемый интуитивно понятный интерфейс для он-лайн семинара по заданной теме в режиме реального времени;
- «Чат» специалистов, который может использоваться в целях блиц-консалтинга и обмена профессиональным опытом специалистов службы технической поддержки и их коллег из комплекствующих органов данного учебного заведения МЧС России.

Проверка корректности функционирования системы приложений может осуществляться путем проведения бета-тестирования веб-портала учебного заведения МЧС России как в локальном режиме, так и в режиме подключения к информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

## **Литература**

1. Государев И.Б. О содержании понятий «мобильная информационная образовательная среда» и «мобильное обучение» в контексте обсуждения проектирования научно-образовательной среды вуза // Письма в Эмиссия.Оффлайн (The Emissia.Offline Letters): электронный научный журнал. URL: <http://www.emissia.org/offline/2013/2014.htm> (дата обращения: 18.12.2016).
2. Баскин Ю.Г., Кузьмина Т.А. Организационно-педагогические условия дополнительной профессиональной подготовки специалистов судебно-экспертных учреждений Государственной

противопожарной службы в практико-ориентированной обучающей среде // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 3 (31). С. 162–168.

З. Кузьмина Т.А. Информационно-технологическое обеспечение непрерывного дополнительного образования специалистов судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2015. 183 с.

## **ИНФОРМАЦИОННО-КОММУНИКАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС КАК СИСТЕМНОЕ СРЕДСТВО ИНФОРМАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУДЕБНОЙ НОРМАТИВНОЙ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

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

**Н.В. Петрова.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Описывается использование современных информационных технологий при проведении судебных нормативных пожарно-технических экспертиз с обзором ряда расчетных программ. Сформулированы условия использования информационно-коммуникационного комплекса в судебной нормативной пожарно-технической экспертизе.

*Ключевые слова:* судебно-экспертное учреждение, судебная нормативная пожарно-техническая экспертиза, объектно-ориентированное программирование, веб-программирование, инженерные расчеты

## **INFORMATION AND COMMUNICATION COMPLEX AS SYSTEM MEANS OF INFORMATION TECHNOLOGICAL SUPPORT OF PRODUCTION OF THE FORENSIC NORMATIVE FIRE-TECHNICAL EXPERTISE**

T.A. Kuzmina; N.V. Petrova. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Use of modern information technologies when carrying out forensic normative fire-technical expertise with the review of a number of settlement programs is described. Conditions of use of an information and communication complex in a forensic normative fire-technical expertise are formulated.

*Keywords:* forensic-expert establishment, forensic normative fire-technical expertise, object-oriented programming, web-programming, engineering calculations

В связи с ростом в России за последние годы количества пожарно-технических экспертиз, при производстве которых рассматриваются вопросы нарушений требований нормативных документов по пожарной безопасности, в 2010 г. в системе судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы «Испытательная пожарная лаборатория» (СЭУ ФПС «ИПЛ») был введен новый вид судебной пожарно-технической экспертизы – судебная нормативная пожарно-техническая экспертиза (СНПТЭ), а также введена новая специализация – «Анализ нарушений нормативных требований в области пожарной безопасности, прогнозирование и экспертное исследование их последствий».

СНПТЭ – это вид пожарно-технической экспертизы, заключающийся в исследовании на основе специальных знаний в области пожарной безопасности нарушений нормативных

противопожарных требований, а также причинной связи таких нарушений с возникновением, развитием и последствиями пожара (произошедшим или потенциально возможным).

Предметом судебной нормативной пожарно-технической экспертизы, как отдельного вида судебной пожарно-технической экспертизы (СПТЭ), являются нарушения нормативных требований пожарной безопасности и их последствия, устанавливаемые на основе специальных познаний пожарно-технического эксперта [1].

В пределах своей компетенции при производстве СПТЭ эксперт рассматривает вопросы, связанные с анализом нарушений требований нормативных документов по пожарной безопасности, занимается прогнозом и исследованием последствий данных нарушений. Фактически эксперту необходимо выявить причинно-следственные связи между имеющимися на объекте защиты нарушениями и возникновением, развитием и последствиями пожара. Компетенция по СПТЭ определяется «Квалификационными требованиями к сотрудникам федеральной противопожарной службы МЧС России по специальности «Судебная пожарно-техническая экспертиза» [2].

Проведя анализ технических заключений и заключений экспертов, которые были представлены в Центральную экспертно-квалификационную комиссию для получения права самостоятельного проведения судебных пожарно-технических экспертиз по данной специализации, а также анализ заключений, подготовленных сотрудниками Исследовательского центра экспертизы пожаров, можно сделать вывод, что на разрешение экспертов очень часто ставятся вопросы, для ответа на которые недостаточно одних теоретических знаний и рассуждений. Для ответа на подобные вопросы эксперту необходимо проводить различные расчеты с применением компьютерной техники.

Чаще всего при производстве СПТЭ возникает необходимость выполнения теплофизических и физико-химических, расчетов, а также проведения математического моделирования процессов, происходящих при пожаре.

Теплофизические расчеты применяются, в частности, для построения поля температур при прогреве ограждающих конструкций, определения возможности воспламенения горючих материалов от различных источников зажигания, расчет динамики развития горения в заданных условиях.

Для теплофизических расчетов эксперты могут использовать универсальные пакеты для математического моделирования фирмы Ansys и программный комплекс «Экспотех», разработанный Исследовательским центром экспертизы пожаров Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России [3].

Основная часть физико-химических расчетов применяется экспертами для определения категории помещения и здания по взрывопожарной и пожарной опасности по методам, изложенным в работе [4], для определения величины пожарного риска в производственных зданиях по методике, изложенной в работе [5].

Математическое моделирование параметров пожара применяется экспертами для анализа распространения опасных факторов пожара в помещении или здании. Результаты подобных расчетов в дальнейшем могут быть применены при определении величины пожарного риска для ответа на вопрос о соответствии объекта защиты требованиям пожарной безопасности, согласно положениям ст. 6 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [6].

К вопросам, для ответа на которые эксперту необходимо проводить перечисленные выше расчеты, можно отнести:

- вопросы, касающиеся соответствия противопожарных расстояний требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;
- вопросы наличия угрозы распространения горения на соседние здания и сооружения при несоответствии противопожарных расстояний нормативным требованиям;
- вопросы, рассматривающие выполнение либо невыполнения своих функций автоматическими системами противопожарной защиты в условиях произошедшего пожара;

- вопросы наличия угрозы жизни и (или) здоровью людей в случае возникновения пожара при имеющихся на объекте нарушениях;
- вопросы наличия риска наступления тяжких последствий при имеющихся на объекте нарушениях;
- вопросы, касающиеся действий или бездействия ответственных лиц на пожаре, влияния этих действия на последствия пожара (например, гибель людей);
- расчет величины пожарного риска.

Важно отметить, что при рассмотрении вопросов о наличии угрозы распространения пожара от рассматриваемого объекта на соседние здания и сооружения в настоящее время существует возможность обосновать с помощью расчетных методов достаточность фактических значений противопожарных расстояний для предотвращения распространения пожара с одного здания на другое. Для этого необходимо выполнить расчет максимального теплового потока, воздействующего на конструкции рядом расположенных зданий и сооружений, сравнить его с критическими значениями интенсивности облучения и далее оценить возможности перехода пожара на соседние здания и сооружения. В случае недостаточности фактических значений противопожарных расстояний экспертом делается заключение о наличии угрозы распространения пожара от горящего здания на соседние здания и сооружения [7]. Теоретические основы проведения расчетного обоснования противопожарных расстояний содержатся в работах [8, 9].

Для ответа на большой перечень вопросов при производстве СНПТЭ возможно использование полевого (дифференциального) моделирования, изложенного в работе [10], так как данный вид моделирования более точно и подробно описывает развитие пожара. Для полевого моделирования применяется специализированный компьютерный код FDS. Данное программное средство разработано Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST) и может быть использовано для решения задач в области обеспечения пожарной безопасности [11].

В первую очередь полевое моделирование может применяться экспертами для построения полей опасных факторов пожара при определении величины пожарного риска в зданиях с помещениями сложной геометрической конфигурации (например, атриумов, многофункциональных центров со сложной системой вертикальных и горизонтальных связей и т.д.), также в иных случаях, когда информативность зонных и интегральных моделей недостаточна или есть основания считать, что картина развития пожара может противоречить допущениям, лежащим в основе данных моделей [10].

Полевое моделирование также может использоваться экспертами для расчета теплового потока, падающего на соседнее здание и сооружение в ситуации как с произошедшим пожаром, так и в ситуации с потенциально возможным пожаром при наличии противопожарных расстояний, не соответствующих требованиям нормативных документов.

Очень актуально применение расчетных методов при ответе на вопросы, связанные с работой автоматических установок пожаротушения и систем пожарной сигнализации. В частности, на вопросы об определении интервала времени от начала пожара, через который сработали смонтированные на объекте дымовые пожарные извещатели в условиях реального пожара.

Как известно, дымовые оптические пожарные извещатели срабатывают на изменение потери видимости в помещении (реагируют на продукты горения, способные воздействовать на поглощающую или рассеивающую способность излучения в инфракрасном, ультрафиолетовом или видимом диапазоне спектра). Эта величина измеряется в ДБ и определяется по формуле:

$$1 \text{ ДБ} = 10 \lg \frac{A}{A_0},$$

где  $A$  – поток излучения, рассеянный на продуктах горения;  $A_0$  – поток в прозрачной среде.

Для решения подобного рода задачи необходимо смоделировать развитие горения в помещении очага пожара, задав параметры пожарной нагрузки из литературы [12]. В результате моделирования определяется значение видимости на высоте размещения пожарных извещателей. Данный показатель в результате расчетов определяется в метрах. Для сравнения значения времени срабатывания извещателя по техническому паспорту рассчитанную видимость необходимо пересчитать по формуле [12]:

$$l = \frac{2,38}{\mu},$$

где  $\mu$  – оптическая плотность, Непер на метр.

Если в техническом паспорте видимость срабатывания датчика задана в ДБ на метр, то необходимо пересчитать оптическую плотность в ДБ по формуле:

$$1 \text{ непер} = 8,686 \text{ ДБ.}$$

Данные, полученные в результате проведения расчетов по приведенным выше формулам, могут быть использованы экспертом для ответа на вопрос о техническом состоянии автоматической пожарной сигнализации на объекте до пожара, о правильности монтажа пожарных извещателей и для прогнозирования динамики распространения опасных факторов пожара.

Для оптимизации и результативности вышеозначенной деятельности был разработан информационно-коммуникационный (ИК) комплекс справочной веб-системы информационного сопровождения деятельности специалистов СЭУ ФПС «ИПЛ», содержащий систематизированную и актуализированную информацию, использующуюся как в процессе дополнительного профессионального обучения сотрудников, так и для анализа нарушений нормативных требований в области пожарной безопасности, прогнозирования и экспертного исследования их последствий в ходе проведения судебных пожарно-технических экспертиз.

Без использования современных программных средств сложно создать эффективные механизмы, которые обеспечивали бы достижение пожарных рисков в нашей стране уровню пожарных рисков в развитых странах мира. Устаревшие программные комплексы не в состоянии отвечать запросам новой генерации сотрудников МЧС России, нацеленных на инновационные требования пожарной безопасности [13].

Разработанный ИК комплекс базируется на программных средствах, в достаточной степени обеспечивающих оперативную актуализацию информации, что обуславливает ее эффективное применение в деятельности судебно-экспертных учреждений. Актуальность информации в данном случае имеет принципиальное значение, поскольку специалисты судебно-экспертных учреждений должны использовать в своей деятельности действующую нормативную базу, а также сведения в области пожарной безопасности и экспертизы пожаров, для того, чтобы, к примеру, сравнивать нормативные и расчетные значения различных характеристик или брать исходные данные для различных расчетов.

При разработке ИК комплекса, позволяющего использовать специалистам судебно-экспертных учреждений систематизированные и своевременно актуализированные справочные данные, методические рекомендации, судебно-правовую информацию в области экспертизы пожаров и другую специальную информацию, было учтено то, что объемы размещаемой информации со временем будут увеличиваться, порядок доступа пользователей к размещаемой информации со временем может изменяться, ряд разделов закрывается от индексации поисковыми системами русскоязычного сегмента информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», материалы разделов маркируются ключевыми словами, функционируют информационные блоки по справочным и расчетным методам [14].

Вышеперечисленные факторы обусловили определенные требования к ИК комплексу, связанные с возможностью изменения структурной принадлежности и названия разделов, регистрации пользователей с различным порядком доступа к информации и внутреннему функционалу, представления результатов поиска информации как по открытым для индексации, так и по закрытым от индексации разделам. Данный подход позволил использовать рубрикацию и таксономию в зависимости от объемов и смысловых составляющих вносимой информации, корректировать функциональную доступность пользователей, осуществлять релевантный полнотекстовый поиск.

Выбор приемлемых технологий обработки данных и их прикладного использования производился с учетом соответствия основным требованиям по открытому исходному коду, мультиплатформенности системы, работе с различными видами баз данных, веб-управлению содержимым, персонализацией, доступом, таксономией. Анализ существующих технологий обработки данных показал, что наиболее полно отвечающей предъявляемым требованиям является технология, использующая в качестве хранилища данных реляционную базу данных на скриптовом языке программирования PHP. Таким образом, вышеозначенная технология была принята в качестве основы для ИК комплекса в части его программной составляющей с учетом репликации в MySQL.

В настоящее время (данные за февраль 2016 г.) проходит бета-тестирование на веб-сайте поддомена официального внешнего сайта Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России в русскоязычном сегменте информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».

Следует отметить, что в полном объеме ИК комплекс доступен только для сотрудников судебно-экспертных учреждений, которые зарегистрировались, а затем авторизовались в системе, поскольку вопросы защиты информации представляют особую важность для МЧС России, являющееся Министерством, отличающимся высочайшим уровнем компьютеризации процессов на всех иерархических уровнях [15].

Применение современных информационных технологий и расчетных методов при производстве судебной нормативной пожарно-технической экспертизы повышает эффективность, доказательное значение, наглядность и достоверность проведенных исследований, выполняемых сотрудниками СЭУ ФПС «ИПЛ» МЧС России.

## **Литература**

1. Судебная нормативная пожарно-техническая экспертиза: метод. пособие / С.П. Воронов [и др.] / под ред. И.Д. Чешко. СПб.: СПбУ ГПС МЧС России, 2014. 92 с.
2. Квалификационные требования к сотрудникам федеральной противопожарной службы МЧС России по специальности «Судебная пожарно-техническая экспертиза» от 19 сентября 2011 г // ИЦЭП СПб УГПС МЧС России. URL: [fire-expert.spb.ru](http://fire-expert.spb.ru) (дата обращения: 11.12.2015).
3. Автоматизированный комплекс для пожарно-технических экспертов «Экспотех» // Программное средство. СПб.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010.
4. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности // Электронный фонд правовой и нормативно-технической информации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 16.12.2015).
5. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: Приложение к Приказу МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404 с учетом Приложения к Приказу МЧС России от 14 дек. 2010 г. № 649. Доступ из информац.-правового портала «Гарант».
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июня 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. Федер. закона от 13 июля 2015 г. № 234-ФЗ). Доступ из информац.-правового портала «Гарант».
7. Воронцова А.А., Кузьмина Т.А., Петрова Н.В. Применение расчетных методов при ответе на вопросы, касающихся противопожарных расстояний между зданиями и сооружениями, в судебной нормативной пожарно-технической экспертизе // Проблемы

и перспективы судебной пожарно-технической экспертизы: материалы Междунар. науч.-практ. конф.. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2015. С. 69–72.

8. Пожарная профилактика в строительстве / под ред. В.Ф. Кудаленкина. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1985.

9. Противопожарное нормирование в строительстве / М.Я. Ройтман [и др.]. М.: Стройиздат, 1985.

10. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности: Приложение к Приказу МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 с учетом Приложения к Приказу МЧС России от 12 дек. 2011 г. № 749 и Приложения к Приказу МЧС России от 2 дек. 2015 г. № 632. Доступ из информац.-правового портала «Гарант».

11. National Institute of Standards and Technology. URL: <http://www.nist.gov> (дата обращения: 11.12.2015).

12. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пособие. М.: Акад. ГПС МВД России, 2000. 118 с.

13. Артамонов В.С., Мирфатуллаев М.М. Метод программно-целевого формирования инвестиционной стратегии в области пожарной безопасности опасных производственных объектов субъекта Российской Федерации // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2014. № 1. С. 18–27.

14. Кузьмина Т.А. Информационно-технологическое обеспечение непрерывного дополнительного образования специалистов судебно-экспертных учреждений федеральной противопожарной службы: дис. ... канд. пед. наук. СПб., 2015. 183 с.

15. Шарапов С.В., Синещук М.Ю. Метод и алгоритм обеспечения информационной безопасности функционирования распределенной вычислительной сети автоматизированной информационно-управляющей системы // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 76–83.

## **ИМПЛЕМЕНТАЦИЯ МЕТОДА НАИМЕНЬШИХ КВАДРАТОВ В МОДАЛЬНОСТЬ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВИРТУАЛЬНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА**

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

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Проанализированы проблемы использования метода наименьших квадратов при обработке результатов виртуального эксперимента. Предложены программные решения для эмуляции хода виртуального эксперимента, излагаются результаты педагогического эксперимента.

*Ключевые слова:* виртуальный лабораторный эксперимент, обработка результатов измерений, метод наименьших квадратов, погрешность измерения, коэффициент Стьюдента

## **THE METHOD OF LEAST SQUARES IMPLEMENTATION IN THE MODALITY OF THE VIRTUAL LABORATORY EXPERIMENT RESULTS PROCESSING**

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

We analyzed the problems of using the least squares method in virtual experiment results processing. We offered software solutions to emulate virtual experiment, and outlined the results of the pedagogical experiment.

*Keywords:* virtual laboratory experiment, measuring results processing, least squares method, measurement error, Student's coefficient

Конфуций писал: «Скажи мне – и я забуду; покажи мне – и я запомню; дай мне действовать самому – и я научусь». Этот педагогический принцип является актуальным до сих пор. В пожарно-технических вузах лабораторный эксперимент (в ансамбле с иным изучением фундаментальных и технических наук) всегда лежал в основе профессионального образования будущих специалистов МЧС России, так как профессиональная компетентность сотрудников федеральной противопожарной службы (ФПС) предполагает наличие умений и навыков, связанных с измерением величин различных параметров и обработкой результатов этих измерений.

Однако специфика пожарно-технического образования предполагает изучение физических и химических процессов, протекающих достаточно продолжительное время (например, измерение теплофизических свойств теплоизоляционных и конструкционных материалов, прогрев строительных конструкций или самовозгорание), при этом применение виртуальных моделирующих комплексов требует адекватной продолжительности лабораторных занятий, что не всегда может вписаться в современные динамически насыщенные планы обучения [1]. Решением указанной проблемы могло бы быть временное масштабирование моделируемых процессов, а так же проведение комплексных расчетно-лабораторных занятий, продолжительностью четыре–шесть академических часов, в течение которых:

- моделировался физико-химический процесс во временном масштабе, максимально приближенным к естественно протекающему процессу;
- было выполнено достаточное количество измерений, позволяющее получить необходимый навык их проведения.

Однако используемые в учебном процессе большинства технических вузов моделирующие комплексы не предполагают выполнение массива измерений, результаты которых требовали бы применение статистических методов при их обработке. Это является существенным недостатком по сравнению с натурным экспериментом, в котором применяются статистические методы для оценки возможности использования полученных результатов для решения практических задач пожарного дела [2].

Для решения обозначенной проблемы представляется целесообразным:

- предложить вариант программной реализации рандомизирования измеряемых в ходе виртуального эксперимента параметров;
- определить структуру и сформировать методическое обеспечение процесса обработки результатов измерений, предусматривающее использование статистических методов;
- провести педагогический эксперимент по использованию статистических методов при обработке результатов виртуального лабораторного эксперимента и оценить его результаты.

В качестве «полигона» внедрения предлагаемой педагогической технологии был выбран виртуальный лабораторный эксперимент по определению теплоемкости конструкционных материалов в рамках лабораторного практикума дисциплины «Специальные главы теплотехники». Это было обусловлено целями данного лабораторного эксперимента: измерение зависимости повышения температуры исследуемого образца в муфельной печи от времени; вычисление по результатам измерений удельной теплоемкости образца и температурного коэффициента теплоемкости; оценка величины погрешности в измерении полученных результатов. Вид виртуальной лабораторной установки по определению теплоемкости конструкционных материалов представлен на рис. 1.

Для преобразования данных, выводимых на индикацию информационного окна виртуальной лабораторной установки «Определение теплоемкости конструкционных материалов», в UNIT-модуль исходного текста программы была внедрена процедура, модифицирующая содержание двумерных массивов «температура образца – текущее время

эксперимента». Для этого была использована стандартная функция Random (I), которая генерирует значение случайного числа из диапазона  $0 \dots I$ , при этом тип результата является целочисленным, при этом, чтобы генерируемые случайные числа были «более случайными», были предусмотрены периодические изменения в базе генерации, для чего использовалась процедура Randomize, которая при инициализации загружает новую базу в генератор случайных чисел. Соответствующий алгоритм представлен на рис. 2.



Рис. 1. Вид виртуальной лабораторной установки по определению теплоемкости конструкционных материалов

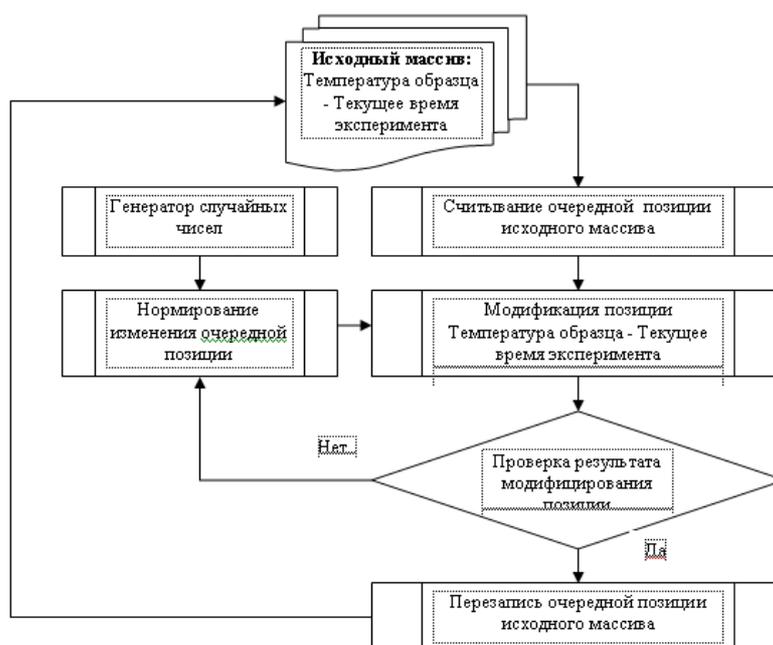


Рис. 2. Алгоритм преобразования данных, выводимых на индикацию информационного окна виртуальной лабораторной установки

Для формирования методического обеспечения процесса обработки результатов измерений, которое бы предусматривало использование статистических методов, был проведен опрос экспертов по выбору ее возможной структуры. Экспертам – преподавателям дисциплин, рабочие программы которых предусматривали выполнение натуральных и виртуальных лабораторных экспериментов, были предложены следующие варианты:

- пример обработки результатов похожего эксперимента;
- набор уравнений в соответствии со спецификой выполняемого эксперимента;
- дополнение набора уравнений в соответствии со спецификой выполняемого эксперимента рекомендациями по использованию стандартного программного обеспечения, например MS EXCEL;
- включение в программный комплекс процедур, которые бы позволили проводить необходимые операции в автоматическом режиме.

Из 14 опрошенных экспертов третий вариант предпочли девять с коэффициентом конкордации, равным 0,74. Поэтому при обработке результатов виртуального эксперимента последовательно определялось:

- значение  $z$ , связанное с темпом нагревания  $\exp(z) = \frac{\Delta t_o}{\Delta \tau}$  для пяти измерений:

$$z = \frac{\sum_{i=1}^7 \tau_i^2 \sum_{i=1}^7 \ln\left(\frac{\Delta t_i}{\Delta \tau}\right) - \sum_{i=1}^7 \left[ \tau_i \ln\left(\frac{\Delta t_i}{\Delta \tau}\right) \right] \sum_{i=1}^7 \tau_i}{7 \sum_{i=1}^7 \tau_i^2 - \left( \sum_{i=1}^7 \tau_i \right)^2};$$

- величина удельной теплоемкости образца для температуры 0 °С:

$$c_o = \frac{\sum_{i=1}^5 t_i^2 \sum_{i=1}^5 c_{o,i} - \sum_{i=1}^5 [t_i c_{o,i}] \sum_{i=1}^5 t_i}{5 \sum_{i=1}^5 t_i^2 - \left( \sum_{i=1}^5 t_i \right)^2};$$

- величина температурного коэффициента теплоемкости:

$$\beta' = \frac{5 \sum_{i=1}^5 t_i c_{o,i} - \sum_{i=1}^5 c_{o,i} \sum_{i=1}^5 t_i}{5 \sum_{i=1}^5 t_i^2 - \left( \sum_{i=1}^5 t_i \right)^2};$$

- значение дисперсии точек:

$$S_o^2 = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^5 c_{o,i}^2 - \frac{1}{15} \left[ \sum_{i=1}^5 c_{o,i} \right]^2 - \frac{\left[ 5 \sum_{i=1}^5 (t_i c_{o,i}) - \sum_{i=1}^5 t_i \sum_{i=1}^5 c_{o,i} \right]^2}{15 \left[ 5 \sum_{i=1}^5 t_i^2 - \left( \sum_{i=1}^5 t_i \right)^2 \right]};$$

- дисперсия значений удельной теплоемкости:

$$S = \frac{S_o^2 \sum_{i=1}^5 t_i^2}{5 \sum_{i=1}^5 t_i^2 - \left( \sum_{i=1}^5 t_i \right)^2};$$

– величина погрешности измерения удельной теплоемкости:

$$\Delta c_o = t_{\alpha,5} S,$$

где  $t_{\alpha,5}=2,8$  – коэффициент Стьюдента для пяти измерений и вероятности 0,95.

Для уменьшения трудоемкости расчетов предлагается использовать табл. 1 промежуточных результатов вида.

Таблица 1. Промежуточные результаты вычисления дисперсии

№ режима	1	2	3	4	5	Σ
$t_i, ^\circ\text{C}$						$\sum t_i =$
$t_i^2, (^{\circ}\text{C})^2$						$\sum t_i^2 =$
$c_{o,i}, \text{кДж}/(\text{кг } ^\circ\text{C})$						$\sum c_{o,i} =$
$t_i c_{o,i}, \text{кДж}/\text{кг}$						$\sum t_i c_{o,i} =$
$c_{o,i}^2, (\text{кДж}/\text{кг } ^\circ\text{C})^2$						$\sum c_{o,i}^2 =$

При использовании стандартного программного обеспечения (табличного процессора MS EXCEL) трудоемкость вычислительных операций существенно сокращается. Например, при вычислении дисперсии результатов измерения удельной теплоемкости материала для температуры 0 °С можно использовать стандартную статистическую функцию «ДИСПР».

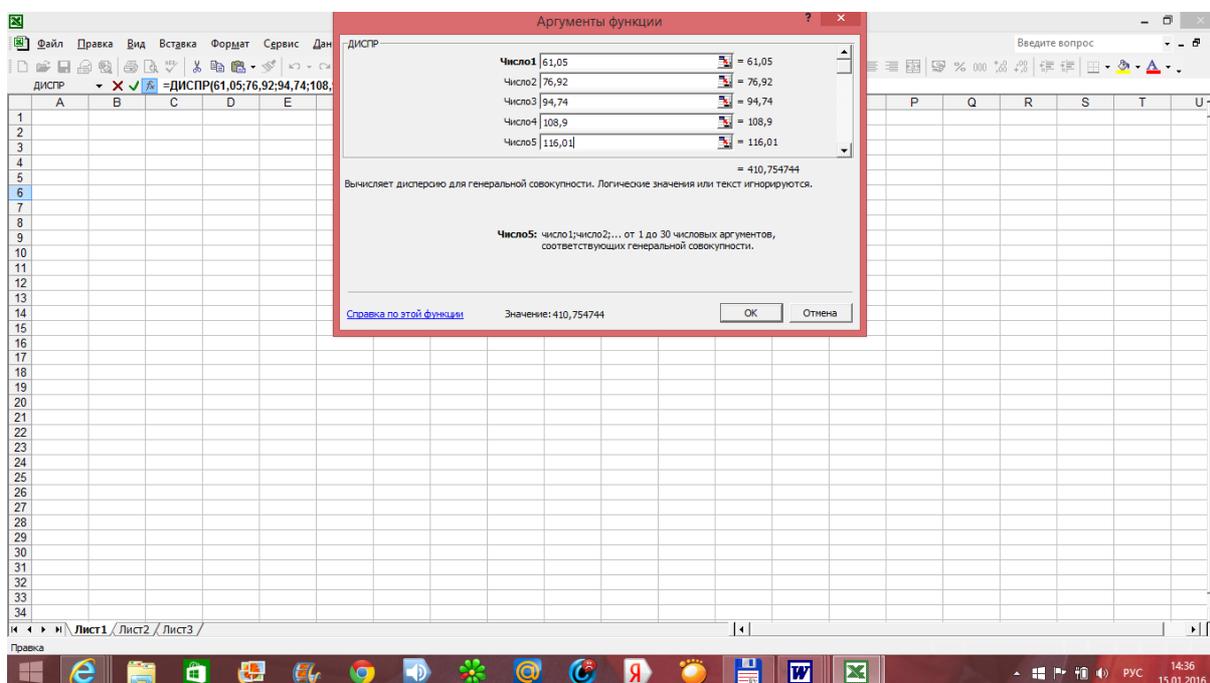


Рис. 3. Вид экрана ПК при использовании стандартной статистической функции «ДИСПР» табличного процессора MS EXCEL

В педагогическом эксперименте участвовали 43 обучающийся на 4 курсе по специальности «Пожарная безопасность»; 21 обучающийся в экспериментальной группе и 22 обучающихся в контрольной группе, при этом была использована параллельная схема проведения эксперимента, результаты которого представлены в табл. 2. Остаточные знания были оценены в ходе проведения двух предлабораторных коллоквиумов (по пять вопросов в каждом) и защите результатов в процессе выполнения последующих лабораторных экспериментов.

Таблица 2. Результаты контрольного опроса при измерении остаточных знаний

Баллы		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Эксперимент-курсанты (n=21)	Ответы	0	0	2	1	3	5	0	8	3	1
	Σ баллов	0	0	6	4	15	30	0	64	27	10
Контрольная-курсанты (n=22)	Ответы	0	0	0	1	6	9	4	1	1	0
	Σ баллов	0	0	0	4	30	54	28	8	9	0
Коэффициент достоверности									0,287		
t-Стьюдент для $P \leq 0,05$									2,024		

Статистическая значимость результатов контрольного опроса и смещение центра распределения в сторону более высоких баллов объективных показателей остаточных знаний позволяет сделать вывод об эффективности использования предлагаемой педагогической технологии. Кроме того, анализ результатов педагогического эксперимента показывает, что имплементация статистических методов в процедуру обработки результатов виртуального лабораторного эксперимента не проявилась в форме отрицательного влияния на соблюдение графика выполнения лабораторных работ.

### Литература

1. Баскин Ю.Г., Сапрыкин И.И., Елисеев Д.А. Опыт использования виртуальных кейс-технологий при самостоятельном проведении лабораторного эксперимента // Вестник С.-Петербур. ин-та ГПС МЧС России. 2006. № 4 (15).
2. Белявцев А.И., Кузьмин А.А. Структура моделирующего комплекса виртуальной теплофизической лаборатории: материалы конф. стран СНГ «Современный физический практикум». Самара: СГУ, 2000. С. 123–124.



## 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);

**Возгин Роман Александрович** – науч. сотр. НИЦ БТС 12 ЦНИИ Министерства обороны РФ (197375, Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д. 39), e-mail: vozgrin.roma@yandex;

**Воропаев Николай Петрович** – ст. препод. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук;

**Гращенко Екатерина Андреевна** – курсант 47 уч. гр. (прикл. мат.) СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: «Ekaterina.Grashenko@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.;

**Иванов Анатолий Николаевич** – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: «iv.52@mail.ru», канд. техн. наук, доц.;

**Кораблёв Владимир Антонович** – доц. каф. комп. теплофиз. и энергофиз. мониторинга СПб нац. исслед. ун-та информ. технол., механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49), тел. (812) 314-15-87, e-mail: ktf.grv@ifmo.ru, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.;

**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.;

**Кузьмина Татьяна Анатольевна** – науч. сотр. отд. расч. методов и инф. технол. в экспертизе пожаров Науч.-исслед. ин-та персп. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Октябрьская наб., д. 35), тел. (812) 441-07-46 (доб. 6135), e-mail: kuzmina@spbugrs.ru;

**Куницына Елена Евгеньевна** – ст. науч. сотр. НИЦ БТС 12 ЦНИИ Министерства обороны РФ (197375, Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, д. 39);

**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.;

**Луценко Фёдор Степанович** – доц. каф. автомобилей, бронетанк. вооруж. и техн. СПб воен. ин-та внутр. войск МВД России (198206, Санкт-Петербург, ул. Летчика Пилутова, д. 1), тел. (812) 744-70-51;

**Минкин Дмитрий Алексеевич** – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: mindim-spb@mail.ru, канд. техн. наук;

**Николашин Сергей Юрьевич** – доц. каф. горноспасат. дела и взрывобезопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nicolashins\_65@mail.ru;

**Нестеренко Александр Геннадьевич** – проф. каф. защ. нас. и тер. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, канд. техн. наук;

**Пермяков Алексей Александрович** – препод. каф. пож. авар.-спас. техн. и авт. хоз-ва СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Петрова Наталья Вячеславовна** – ст. науч. сотр. отдела инновац. и информац. технол. в эксперт. пожаров ИЦЭП Науч.-исслед. ин-та перспект. иссл. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 441-07-46;

**Петрова Светлана Александровна** – инженер отд-ия метрологич. обеспеч. Науч.-исслед. ин-та перспект. иссл. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: petrova@igps.ru;

**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.;

**Семенов Андрей Владимирович** – нач. отд-ия метрологич. обеспеч. Науч.-исслед. ин-та перспект. иссл. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Санкт-Петербург, Октябрьская наб., д. 35), e-mail: avsandrey@mail.ru;

**Сидорин А.И.** – курсант 4 курса СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Трубишко Андрей Игоревич** – проф. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. физ.-мат. наук, доц.;

**Шарков Александр Васильевич** – зав. каф. СПб нац. исслед. ун-та информ. технол., механики и оптики (197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., д. 49), тел. (812) 314-15-87, e-mail: ktf.grv@ifmo.ru, д-р техн. наук, проф.

---

---

## 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, адъюнктов, 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, Стржевой (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, адъюнктов, 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 ИМО; 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 (СТИФ), 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 центра 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 (СТИФ), 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 СТИФ (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.

Заклучены 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 Кьонгил (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 совершенствования 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, организуют 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. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневой 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](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.*

**Внимание 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)**

**№ 2 (18) – 2016**

Выпускающий редактор П.А. Болотова

---

Подписано в печать 30.06.2016. Формат 60×84<sub>1/8</sub>.  
Усл.-печ. 13,00 л. Тираж 1000 экз. Зак. №

---

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