

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

**№ 3 – 2012**

**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 генерал-полковник внутренней службы **Артамонов Владимир Сергеевич**, статс-секретарь – заместитель министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, почетный президент Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Заместитель председателя – доктор технических наук, профессор, подполковник внутренней службы **Шарапов Сергей Владимирович**, заместитель начальника университета по научной работе.

Заместитель председателя (ответственный за выпуск журнала) – доктор педагогических наук, профессор **Медведева Людмила Владимировна**, начальник кафедры физики и теплотехники, руководитель учебно-научного комплекса – 6 «Физико-математическое, инженерное и информационное обеспечение безопасности при ЧС».

**Члены редакционного совета:**

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физики и теплотехники;

доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Скребов Валерий Николаевич**, профессор кафедры физики и теплотехники;

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

доктор физико-математических наук, профессор **Овчинников Андрей Олегович**, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов;

доктор технических наук, профессор **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

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 технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, заведующий кафедрой взрывобезопасности и технических средств противодействия терроризму;

доктор военных наук, кандидат технических наук, профессор **Сугак Владимир Петрович**, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов;

**Секретарь совета:**

кандидат технических наук капитан внутренней службы **Бирюлёва Надежда Васильевна**, научный сотрудник отделения научно-технической информации центра организации и координации научных исследований.

### **Редакционная коллегия**

Председатель – кандидат юридических наук майор внутренней службы **Удальцова Наталья Вячеславовна**, начальник редакционного отдела.

Заместитель председателя – полковник внутренней службы **Сычева Елена Юрьевна**, главный редактор объединённой редакции редакционного отдела.

**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, доцент **Иванов Александр Юрьевич**, профессор кафедры прикладной математики и информационных технологий;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Громов Виктор Николаевич**, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории Военного инженерно-технического института;

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 **Виноградов Владимир Николаевич**, технический редактор объединённой редакции редакционного отдела;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Архипов Геннадий Федорович**, начальник центра организации и координации научных исследований.

**Секретарь коллегии:**

старший лейтенант внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, редактор объединённой редакции редакционного отдела.



## **СОДЕРЖАНИЕ**

### ***МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ***

Аверьянов В.Т., Ключ В.В., Захаров А.Е. Прогнозирование обстановки при лесном пожаре.....	5
Топилкин Е.С. Выбор и исследование показателя уровня живучести системы ресурсного обеспечения подразделений ГПС МЧС России при тушении пожаров. ....	12
Ткаченко Т.Е. Мониторинг техногенных рисков Москвы и г. Костромы. ....	20

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

Медведева Л.В., Макаrchук Г.В. Вопросы безопасности водоснабжения. ....	24
Медведева О.М., Кожевин Д.Ф. Моделирование утечек горючих жидкостей из подземных трубопроводов автозаправочных станций. ....	31
Данилов И.Л. Элементы теории подобия и их применение в некоторых задачах теплообмена и массообмена. ....	38
Шульгин С.О., Романов Н.Н. Современные рентгеновские методы исследования при проведении пожарно-технических экспертиз. ....	44

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

Иванов А.Ю. Перспективы развития информационного базиса автоматизированных систем в условиях рисков. ....	53
Кузьмин А.А., Духанин В.В., Бунаков М.Ю. Интегративные технологии при проведении лабораторно-практических занятий «Физика–Информатика». ....	57
Антюхов В.И., Кравчук О.В., Суходулов Р.Б. Формальный подход к информационному терроризму. ....	62
Савельев Д.В., Горбунов А.А. Прогнозирование возникновения опасных явлений. ....	71
Сведения об авторах .....	81
Информационная справка.....	83
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты).....	92

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) 369-68-91. Email: [redakziaotdel@yandex.ru](mailto:redakziaotdel@yandex.ru). Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: [WWW.IGPS.RU](http://WWW.IGPS.RU)

© Санкт-Петербургский университет Государственной  
противопожарной службы МЧС России, 2012

---

---

# МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

---

---

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЛЕСНОМ ПОЖАРЕ

**В.Т. Аверьянов, кандидат военных наук;**

**В.В. Ключ, кандидат педагогических наук;**

**А.Е. Захаров. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Раскрыт метод прогнозирования лесных пожаров, который основывается на описании прогнозируемых ситуаций. Определены перечни входных и выходных данных и правила для оценки репрезентативности входных данных. Представлена основа прогнозирования – алгоритм прогноза, который должен предполагать и оценку достоверности результатов прогноза.

*Ключевые слова:* прогнозирование лесных пожаров и чрезвычайных лесопожарных ситуаций

## FORECASTING OF CONDITIONS AT FOREST FIRE

V.T. Averianov; V.V. Kluy; A.E. Zakharov.

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

The method of forecasting of forest fires which is based on the description of predicted situations reveals. Lists of entrance and target data and rules for an estimation representativeness entrance data are certain. The basis of forecasting – algorithm of the forecast, which should assume and an estimation of reliability of results of the forecast is presented.

*Key words:* forecasting of forest fires and extreme situations at forest fire

Общие требования по мониторингу и прогнозированию лесных пожаров установлены ГОСТ Р 22.1.09-99 «Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров». Согласно этого документа, мониторинг и прогнозирование лесных пожаров и чрезвычайных лесопожарных ситуаций (ЧЛС) осуществляется на четырех уровнях: федеральном, региональном, местном, локальном [1].

На федеральном уровне организацию работ по мониторингу и прогнозированию лесных пожаров и ЧЛС осуществляет федеральный орган управления лесным хозяйством России. Ведение мониторинга и прогнозирования лесных пожаров и ЧЛС на федеральном уровне осуществляют организации, учреждения и предприятия федерального органа управления лесным хозяйством.

На региональном уровне организацию работ по мониторингу и прогнозированию лесных пожаров и ЧЛС осуществляют государственные органы управления лесным

хозяйством субъектов РФ. Ведение мониторинга и прогнозирования лесных пожаров и ЧЛС на региональном уровне осуществляют структурные подразделения государственных органов управления лесным хозяйством субъектов РФ.

На местном уровне организацию и ведение работ по мониторингу и прогнозированию лесных пожаров и ЧЛС осуществляют лесхозы и другие организации, предприятия и учреждения, осуществляющие ведение лесного хозяйства.

Локальный уровень – это непосредственно места лесных пожаров и площади, пройденные лесными пожарами. Здесь осуществляется контроль за лесопожарной ситуацией, радиационный контроль и учет последствий лесных пожаров. Работу на этом уровне организуют лесхозы и другие предприятия, осуществляющие ведение лесного хозяйства, а также подразделения «Авиалесоохраны».

Объектом наблюдения и контроля является территория всего лесного фонда России, на которой выделяются территории и акватории, загрязненные радионуклидами и активно охраняемые леса.

Согласно стандарту прогнозирование и мониторинг ведутся на протяжении всего пожароопасного сезона, при этом должны выполняться следующие задачи:

- наблюдение, сбор и обработка данных о степени пожарной опасности по условиям погоды;
- оценка степени пожарной опасности по общей или региональной шкалам пожарной опасности.

В основу методики прогнозирования степени пожарной опасности в лесу по условиям погоды положено вычисление комплексного показателя, который учитывает основные факторы, влияющие на пожарную опасность лесных горючих материалов.

Комплексный показатель определяется по формуле [1, 2]:

$$K = \sum_1^n (t_o - \tau^o) t_o,$$

где  $t_o$  – температура воздуха на 12 часов по местному времени;  $\tau^o$  – точка росы на 12 часов по местному времени (дефицит влажности);  $n$  – число дней после последнего дождя.

Температура воздуха определяется по сухому термометру психрометра, температура точки росы – по психрометрическим таблицам на основании показаний сухого и смоченного термометра. Количество выпавших осадков определяется по осадкомеру.

Температура воздуха и точки росы измеряются с точностью до  $0,1^\circ \text{C}$ , количество осадков – с точностью до 0,5 мм.

Исходные данные метеорологических наблюдений ежедневно записывают в табл. 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчета комплексного показателя

Дата	Количество осадков	$T_{oi}$	$T_{oi}^{-t_i}$
07.07	3 мм	16,7	1,6
08.07	Нет	17,9	2,5
09.07	Нет	26,8	1,2
10.07	Нет	24,1	15,1

В зависимости от значения комплексного показателя  $K$  определены следующие классы пожарной опасности погоды:

I класс – отсутствие опасности ( $K < 300$ );

II класс – малая пожарная опасность ( $300 < K < 1000$ );

III класс – средняя ( $1000 < K < 4000$ );  
 IV класс – высокая ( $4000 < K < 10000$ );  
 V класс – чрезвычайная ( $K > 10000$ ).

По комплексному показателю определяется очередность возгорания различных лесных участков и травяного покрова.

В целях определения возможности возникновения лесных пожаров используют шкалу оценки лесных участков по степени опасности возникновения в них пожаров (табл. 2).

Таблица 2. Шкала оценки лесных участков по степени опасности возникновения в них пожаров

Класс пожарной опасности	Объект загорания	Наиболее вероятные виды пожаров, условия и продолжительность периода возникновения и распространения	Степень пожарной опасности
V	Хвойные молодняки, захламливаемые вырубками	В течение всего пожароопасного сезона возможны низовые пожары, на участках древостоя – верховые	Высокая
IV	Сосняки с наличием соснового подростка и подлеска	Низовые пожары возможны в течение всего пожароопасного сезона, верховые – в период пожарных максимумов	Выше средней
III	Сосняки-черничники, ельники-брусничники, кедровники	Низовые и верховые пожары возможны в период летнего пожароопасного максимума	Средняя
II	Сосняки и ельники, смешанные с лиственными породами	Возникновение пожаров возможно в период пожарных максимумов	Ниже средней
I	Ельники, березняки, осинники, ольховники	Возникновение пожара возможно только при особо неблагоприятных условиях (длительная засуха)	Низкая

Для отдельных регионов разработаны региональные шкалы пожарной опасности в лесу по условиям погоды, учитывающие местные особенности, в которых значения комплексного показателя по классам отличаются от значений общероссийской шкалы.

Пожарная зрелость разных лесов наступает при разной величине комплексного показателя. Разбив территорию на участки по типам леса, зная величину комплексного показателя, при котором начинается возгорание, можно установить территорию, на которой возможен пожар при данном состоянии погоды на интересующий нас день.

Для России по загораемости может быть принято три основных группы древесных пород. К первой группе отнесены типы леса, характеризующиеся наибольшей загораемостью (хвойные молодняки, сосняки с наличием соснового подростка), ко второй группе – умеренной загораемости (сосняки, ельники, кедровники), к третьей группе – трудно загорающиеся (березняки, осинники, ольховники и другие лиственные породы).

Каждому типу лесного массива соответствует свое значение комплексного показателя пожарной опасности, при котором возможно возгорание лесного массива (табл. 3).

По величине комплексного показателя и типу лесного массива можно определить возможный тип пожара. Данная зависимость показана в табл. 4.

Таблица 3. Значение комплексного показателя пожарной опасности

Наименование участка леса	Величина комплексного показателя
Ельники-брусничники	500
Сосняки-брусничники	300
Сосняки	550
Смешанные	800
Лиственные	900
Ельники	900
Березняки-черничники	900
Смешанные черничники	800
Травяные насаждения	5000

Таблица 4. Определение возможного типа пожара по величине комплексного показателя и типу лесного массива

Участки леса	Низовой слабый	Низовой средний	Низовой сильный	Верховой
Сосняки-брусничники	300	400	–	600
Ельники-брусничники	500	800	1000	5000
Сосняки	600	800	900	1000
Смешанные	800	900	1000	5000
Лиственные	900	1000	800	–
Ельники	900	3000	5000	–
Березняки-черничники	800	900	1000	5000
Смешанные черничники	900	1000	3000	5000
Травяные насаждения	5000	–	–	–

Скорость распространения лесного пожара можно определить по формулам:  
– фронта пожара

$$V_{fp} = (V_0 + KV_v) \cdot \left(1 + \frac{V_v}{\sqrt{V_v + C}}\right)^2, \text{ м / мин.},$$

– флангов пожара

$$V_{fl} = V_0 + KV_v, \text{ м / мин.},$$

– тыла пожара

$$V_{тыла} = (V_0 + KV_v) \cdot \left(1 + \frac{V_0}{\sqrt{V_v + C}}\right)^2, \text{ м / мин.},$$

где  $V_0$  – скорость распространения пожара на равнине в безветренную погоду, м/мин.; для оперативных расчетов она может быть принята равной 0,4 м/мин.;  $V_v$  – скорость ветра, м/мин.;  $K$  – коэффициент, учитывающий раздувающее влияние пламени (определяется по табл. 4);  $C$  – удельная теплоемкость горючих материалов, ккал/(кг × °С) (определяется по табл. 5).



Таблица 5. Значения коэффициентов  $K$  и  $C$  в зависимости от характера горючих материалов и их влажности

Тип горючих материалов	Влажность			
	коэффициенты	до 30 %	до 50 %	более 50 %
Сухая трава и опавшие хвоя и листья	$K$	0,45	0,27	0,16
	$C$	3,5	3,3	3,0
Зеленые мхи	$K$	0,20	0,1	0,05
	$C$	2,4	2,2	1,8

Таким образом, для прогнозирования лесных пожаров и ЧЛС используются следующие исходные данные:

- класс пожарной опасности в лесу по условиям погоды;
- местоположение и площадь участков I–III классов пожарной опасности;
- данные о рельефе местности;
- наличие потенциальных источников огня, в том числе грозовой деятельности;
- данные ретроспективного анализа пожаров за последние десять лет.

Виды прогнозируемых пожаров уточняются, исходя из характера участков лесного фонда (хвойные молодняки, захламленная вырубка и т.д.).

Алгоритм прогнозирования пожарной опасности представлен на рисунке.

Прогноз скоростей распространения лесных пожаров составляют для различных типов леса и лесных участков с учетом рельефа и силы ветра.

Предпосылками ЧЛС являются малоснежная зима, отсутствие дождя более 15 дней, засуха, грозы и другие источники огня.

Критерием ЧЛС служат:

- наличие крупных лесных пожаров (25 га охваченного пожаром лесного фонда в районах наземной охраны лесов и 200 га – в районах авиационной охраны лесов);
- количество возникающих в один день и (или) одновременно действующих лесных пожаров превышает средний многолетний уровень;
- наличие лесных пожаров, вышедших из под контроля лесной охраны;
- лесной пожар на загрязненной радионуклидами территории, не потушенный в день возникновения;
- лесной пожар на загрязненной радионуклидами территории, дающий большие дымовые выбросы.

Если для тушения пожара привлекается  $n$  средств, расчет необходимых сил для тушения лесных пожаров можно выполнить по формуле:

$$N = \frac{V_p}{\sum_{i=1}^n P_{p,i} \cdot T_{\text{раб}}},$$

где  $N$  – общее количество сил, необходимых для тушения лесного пожара;  $i=1, \dots, n$  – номер средства, используемого для тушения лесного пожара;  $V_p$  – общий объем работ по тушению лесного пожара (чел./час);  $T_{\text{раб}}$  – время работ по тушению лесного пожара;  $P_{p,i}$  – производительность работы  $i$ -го средства (безразмерный коэффициент, показывающий повышение производительности рабочего при использовании этого средства).

Кроме того, для оценки степени пожарной опасности используется информация о координатах и параметрах зарегистрированных молниевых разрядах.

Оценка степени пожарной опасности представляется на картах-схемах

противопожарных мероприятий масштаба 1:100000, на которых каждый лесной квартал закрашен соответствующим цветом в зависимости от класса пожарной опасности (табл. 6).

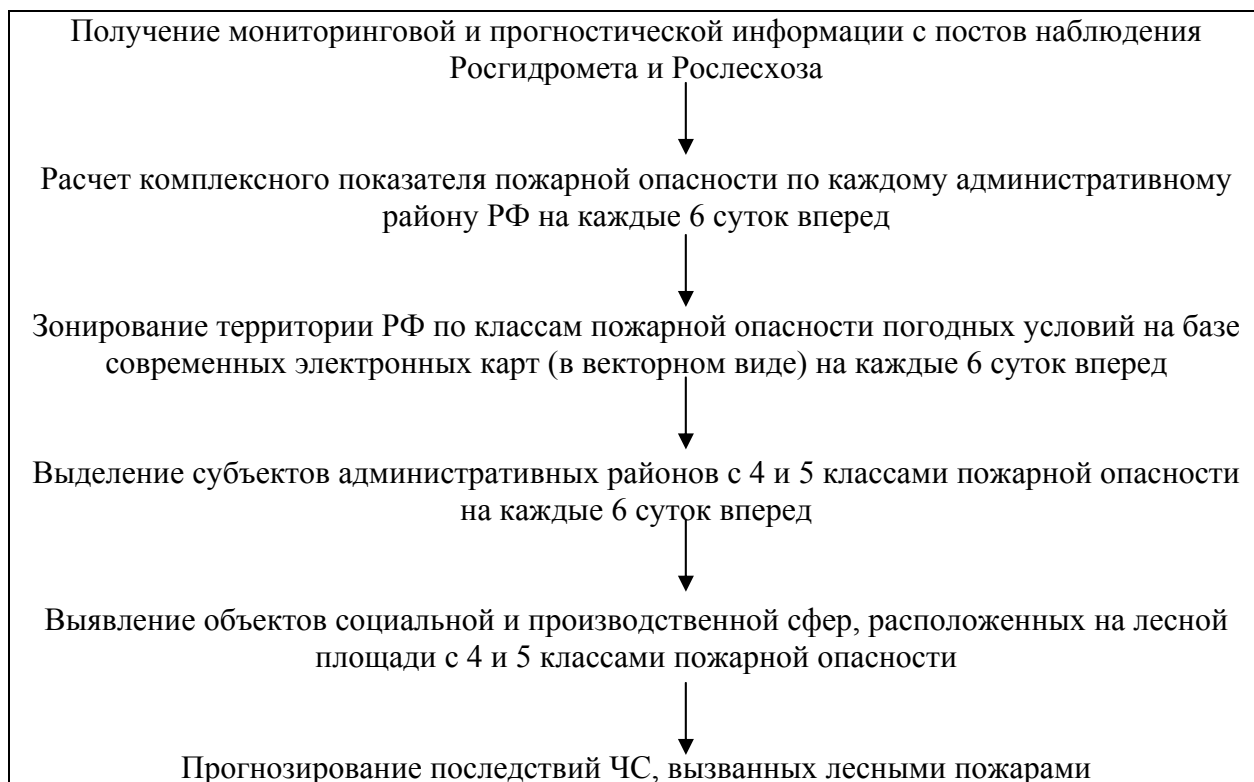


Рис. Алгоритм прогнозирования пожарной опасности и последствий лесных пожаров

Таблица 6. Рекомендуемые цвета для обозначения степени пожарной опасности

Класс пожарной опасности	Цвет на картах
I	Красный
II	Оранжевый
III	Желтый
IV	Зеленый
V	Голубой

Ликвидация пожара состоит из следующих этапов: остановка пожара (прекращение пламенного горения), локализация, дотушивание (тушение всех очагов горения внутри пожарища) и окарауливание [3].

На основании прогноза развития пожара с учетом лесопирологической характеристики участков, окружающих пожар, с учетом возможных опорных линий (рек, ручьев, лощин, дорог и пр.) составляется план остановки пожара, определяются приемы и способы остановки пожара.

Наиболее сложной и трудоемкой является локализация пожара. Как правило, локализация лесного пожара проводится в два этапа. На первом этапе осуществляется остановка распространения пожара путем непосредственного воздействия на его горящую кромку. На втором этапе производится прокладка заградительных полос и канав, обрабатываются периферийные области пожара с целью исключения возможности

возобновления его распространения.

Локализованными считаются только те пожары, вокруг которых проложены заградительные полосы, либо когда имеется полная уверенность, что другие применявшиеся способы локализации пожаров не менее надежно исключают возможность их возобновления.

Дотушивание пожара заключается в ликвидации очагов горения, оставшихся на пройденной пожаром площади, после его локализации.

Окарауливание пожарища состоит в непрерывном или периодическом осмотре, пройденном пожаром площади и, в особенности, кромки пожара. Окарауливание пожарищ производится путем систематических обходов по полосе локализации. Продолжительность окарауливания определяется в зависимости от условий погоды.

Способы ликвидации лесного пожара зависят от его вида, силы и размеров, метеорологических условий, характера местности, наличия сил и средств пожаротушения.

Существуют следующие основные способы тушения лесных пожаров:

- захлестывание кромки пожара – самый простой и достаточно эффективный способ тушения пожаров средней интенсивности. Используя связки проволоки или прутьев (в виде метлы), молодые деревья лиственных пород длиной до 2 м, группа из четырех человек способна за час сбить пламя пожара на кромке до 1 км;

- забрасывание кромки пожара грунтом;

- устройство заградительных полос и канав, путем удаления лесных насаждений и горючих материалов минерального слоя почвы. При сильном ветре ширина полосы может превысить 100 м (создается с помощью техники, шнуровых подрывных зарядов и отжигом);

- тушение пожара водой или растворами огнетушащих химикатов;

- отжиг (пуск встречного низового и верхового огня);

- направленный взрыв;

- искусственное вызывание осадков из облаков.

Опасность лесных пожаров для людей связана не только с прямым действием огня, но и большой вероятностью отравления из-за сильного обескислороживания атмосферного воздуха, резкого повышения концентрации угарного газа, окиси углерода и других вредных примесей. Поэтому основными мерами защиты населения от лесных пожаров являются:

- спасение людей и сельскохозяйственных животных с отрезанной огнем территории;

- исключение пребывания людей в зоне пожара путем проведения эвакуации из населенных пунктов, объектов и мест отдыха;

- ограничение въезда в пожароопасные районы;

- тушение пожаров;

- обеспечение безопасного ведения работ по тушению пожаров.

При организации работ в зоне пожара все участники его ликвидации должны быть обеспечены специальной одеждой, касками, противогазами со специальными патронами для защиты от окиси углерода, либо изолирующими противогазами для работы в атмосфере с низким содержанием кислорода. В каждой группе должен быть проводник, хорошо знающий местность, наблюдатель, следящий за направлением распространения огня, падающими деревьями и осуществляющий связь со штабом пожаротушения по средствам связи. Каждый участник работ по тушению пожара должен знать возможные укрытия от огня, пути подхода к ним и пути эвакуации из зоны пожара, а также характерные ориентиры на местности [4].

## **Литература**

1. Безгузиков В.П., Кулаков В.А. Мониторинг и прогнозирование чрезвычайных ситуаций. СПб.: Изд-во «Нестор», 2002. 79 с.

2. Защита населения и территорий от чрезвычайных ситуаций / С.А. Буланенков, С.И. Воронов, П.П. Губченко [и др.] / под общ. ред. М.И. Фалеева. Калуга: ГУП «Облиздат», 2001. 480 с.

3. Аверьянов В.Т., Польшко С.В., Захаров А.Е. Лесные пожары: классификация, прогнозирование, организация тушения // Пожары на природных территориях Северо-Запада

и Финляндии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург. 15 апр. 2010 г. С. 53–60.

4. Вакуленко С.В. Обеспечение пожарной безопасности лесного фонда // Пожары на природных территориях Северо-Запада и Финляндии: материалы Междунар. науч.-практ. конф. Санкт-Петербург. 15 апр. 2010. С. 30–35.

## **ВЫБОР И ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ УРОВНЯ ЖИВУЧЕСТИ СИСТЕМЫ РЕСУРСНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГПС МЧС РОССИИ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ**

**Е.С. Топилкин.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложено использовать в качестве показателя уровня живучести отношение энтропии состояния системы и максимально возможной энтропии (рекорду) при наложенных на систему ограничениях. При этом живучесть определяется данным показателем, не убывает при эволюции системы, если относительное приращение энтропии системы не меньше относительного приращения рекорда. Определена тесная связь энтропии с традиционными показателями устойчивости системы.

*Ключевые слова:* система ресурсного обеспечения пожарных подразделений при тушении пожаров, живучесть, энтропия

## **CHOICE AND STUDY THE INDICATOR OF LEVEL OF SURVIVABILITY OF SYSTEM OF RESOURCE MAINTENANCE OF PODRAZDELENIY OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA AT SUPPRESSION OF FIRES**

E.S. Topilkin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

As an indicator of level of survivability it is offered to use the relation of entropy of a condition of system and to the greatest possible entropy (record), at the restrictions imposed on system. Thus survivability, is defined by the given indicator, does not decrease at system evolution, if a relative increment of entropy of system not less a relative increment of a record. The close connection of entropy with traditional indicators of stability of system is defined.

*Key words:* system resource provision fireman subdivisions at stewing fire, vitality, entropy

Система ресурсного обеспечения пожарных подразделений при тушении пожаров как динамический объект может находиться в самых разнообразных состояниях, которые допустимы для нее, исходя из целей функционирования. Все эти состояния могут проявляться в то время, когда структура или организация системы ресурсного обеспечения пожарных подразделений позволяет избегать деструктивных воздействий поражающих факторов пожара либо их демпфировать.

Однако, если при воздействии поражающих факторов пожара система ресурсного обеспечения пожарных подразделений при тушении пожаров перейдет в недопустимое для нее состояние, то это равносильно ее гибели. Из этих достаточно общих рассуждений ясно, что живучесть системы, а, следовательно, показатель уровня живучести зависит от стратегии поведения системы ресурсного обеспечения пожарных подразделений в пространстве состояний.

Пусть множество  $\{X < m >\}_n$  образует пространство допустимых состояний системы. В общем случае  $X < m >$  может быть векторной случайной функцией  $X < m > = X < m > (t) = \langle x_1(t), \dots, x_m(t) \rangle^T$ .

Значение  $n$  определяется возможностями системы ресурсного обеспечения пожарных подразделений, ее ресурсными и целевыми ограничениями. Очевидно, что система, находящаяся в произвольном  $j$ -м состоянии  $X^j < m >$ , является «живой», если справедливо

$$X^j < m > \{(t)\}_n \equiv \{X < m > (t), \dots, X^n < m > (t)\}.$$

Обозначим упрощенно через  $F_\lambda$  оператора воздействия с параметром  $\lambda$  (например,  $F$  – взрывы в газовых цехах, а  $\lambda$  их плотность). Если воздействие взрывов сказывается на системе, находящейся в состоянии  $X^i < m > (t) \in \{X < m > (t)\}_n$ ,  $i = 1, \dots, n$ ; а, например,  $F_\lambda [X^i < m > (t)] \in \{X < m > (t)\}_n$ , то мы можем говорить о том, что система «выжила» после воздействия с параметром  $\lambda$ . Если система имеет такую стратегию поведения и (или) так организована, что  $\tilde{A}_\lambda : F_\lambda [X^i < m > (t)] \in \{X < m > (t)\}_n$  то ясно, что уровень живучести такой системы очень высок. Следовательно, система будет иметь тем больший уровень живучести, чем больше мощность множества допустимых состояний и его разнообразия.

Эти требования отвечают закону У. Эшби, согласно которому только разнообразие допустимых состояний уменьшает разнообразие недопустимых

Несомненно, что уровень живучести системы зависит также от стремления последней остаться, удержаться во множестве допустимых состояний [1]. Это стремление обеспечивается такими свойствами системы, как устойчивость.

По закону необходимого разнообразия множество вероятностей состояний системы, составляющих полную группу событий, может рассматриваться как соответствующее некоторому множеству, элементы которого обнаруживают разнообразие, характеризующее отличие друг от друга элементов конечного множества, то есть различия отношений порядка и элементов и множества. Любой объект или систему можно рассматривать как определенное множество, обладающее разнообразием. Изменение этого разнообразия соответствует изменению состояний системы, то есть состава элементов, структуры или поведения системы. Множеству состояний системы можно таким образом составить обладающее эквивалентными свойствами множество вероятностей этих состояний.

Имея меру разнообразия состояний системы относительно ее состава, структуры и поведения, будем иметь характеристику живучести, поскольку как было показано, живучесть системы зависит от этого разнообразия.

В качестве меры разнообразия в современной научной литературе принята энтропийная функция состояния системы. В ряде работ [2–4] предлагается использовать энтропию системы в качестве меры организованности, живучести и уровня самоорганизации сложной системы.

Энтропия является мерой неопределенности состояния системы, мерой недостатка информации о действительной структуре и поведении системы. Увеличивая энтропию, тем самым увеличиваем неопределенность системы для органов управления ГПС, создаем для них информационный голод относительно действительной структуры и поведения системы.

Ватанабе С. показал, что в общем случае распознавание системы имеет наименьшую трудность для распознающей системы, если энтропия состояния распознаваемой системы минимальна. С другой стороны справедливо утверждение, что для максимизации меры

трудности различения системы на фоне среды необходимо максимизировать энтропию состояния системы до уровня энтропии среды.

В [5, 6] показано, что распределение ходов одного игрока для другого тем менее благоприятно, чем ближе это распределение к равномерному закону. Но именно равномерный закон распределения обеспечивает максимальное значение энтропии.

Если использовать энтропию в качестве величины, характеризующей уровень живучести системы, то она, учитывая общие свойства энтропийной функции, обладает следующими свойствами:

- энтропийная характеристика позволяет учесть неопределенность (незнание внутренней структуры и поведения) состояний системы для воздействующей стороны, аналитически выражается через вероятностные характеристики системы;

- энтропийная характеристика системы зависит от размерности пространства состояний системы, числа и разнообразия элементов системы, то есть отвечает закону необходимого разнообразия;

- энтропийная характеристика не зависит от выбора начала координат в пространстве состояний системы, так как энтропия инвариантна таким видам преобразований, как сдвиг, перемешивание и вращение.

Если определить состояние системы, соответствующее максимуму энтропии, то целесообразно измерять живучесть как относительную величину

$$G = \frac{H}{H_{\max}}; \quad 0 \leq 1, \quad (1)$$

где  $H_{\max}$  – максимально возможная энтропия системы, характеризующая предельное, в условиях целевых и ресурсных ограничений, состояние неупорядоченности.

Таким образом, показатель живучести в виде (1) представляет собой отношение энтропии состояния системы к максимально возможной энтропии этой системы, в условиях, наложенных на нее ограничений. Это означает, что энтропию нельзя рассматривать в отрыве от конкретной системы, от задач, связанных с использованием этой системы и ресурсов, которые выделены системе для функционирования. Если возникла потребность воспользоваться понятием энтропии, то следует четко определить, как ее можно измерить, или описать распределение вероятностей или других метрик, связанных со свойствами системы и порождающих энтропию этой системы.

Отметим, что существование единственной максимальной меры не доказано. Но в то же время показано, что для всех рассмотренных к настоящему времени классов систем  $H_{\max}$  существует и единственная. Работы в этом направлении ведутся преимущественно по пути поиска систем, для которых бы не существовало  $H_{\max}$ . Примеров таких систем в настоящее время пока не найдено, поэтому достаточно уверенно можно утверждать, что таких систем нет, а если они будут обнаружены, то явятся весьма специфическими объектами математических исследований.

Из соотношения (1) видно, что определение показателя уровня живучести должно производиться по следующей схеме:

- определяется способ оценивания значения энтропии  $H$  в зависимости от конкретного типа системы;

- вычисляется значение  $H$  анализируемой системы;

- анализируются и формализуются ограничения, наложенные на систему;

- в рамках этих ограничений синтезируется система с параметрами, обеспечивающими  $H_{\max}$ ;

- определяется значение показателя  $G$ .

Следовательно, перед тем как оценить значение показателя живучести, необходимо решить задачу синтеза этой системы по критерию максимума неопределенности в рамках имеющихся ограничений.

При заданных силах и средствах, а также условиях функционирования, реализация принципа максимума неопределенности при тушении пожаров обеспечивает наименьшие потери (затраты) по сравнению с другими способами действий, и тем самым повышает живучесть подразделений при тушении пожаров.

С целью исследования основных свойств энтропийного показателя уровня живучести сложной системы (1), в дальнейшем, для удобства, максимально возможную при заданных ограничениях энтропию предлагается называть рекордом.

Применение любого показателя живучести, в том числе и энтропийного, предполагает возможность оценивания живучести, определения потерь живучести вследствие воздействия поражающих факторов пожара и определения значимости тех или иных элементов и связей системы. Для этого необходимо знать влияние всех составляющих системы на сам показатель живучести и их взаимное влияние друг на друга в процессе функционирования и эволюции системы.

Докажем справедливость следующего утверждения: уровень живучести системы  $G$  остается постоянным тогда и только тогда, когда относительное приращение энтропии равно относительному приращению рекорда.

Из (1) найдем  $\frac{\partial G}{\partial Y}$ , где  $Y$  – некоторый параметр системы

$$\frac{\partial G}{\partial Y} = \left( H_{\max} \cdot \frac{\partial H}{\partial Y} - H \cdot \frac{\partial H_{\max}}{\partial Y} \right) \cdot H_{\max}^{-2}.$$

В силу предположения о постоянстве  $G$  имеем  $\frac{\partial G}{\partial Y} = 0$ . Следовательно,

$$H_{\max} \cdot \frac{\partial H}{\partial Y} - H \cdot \frac{\partial H_{\max}}{\partial Y} = 0,$$

или 
$$\frac{H'}{H} = \frac{H'_{\max}}{H_{\max}}, \quad (2)$$

где  $H' = \frac{\partial H}{\partial Y}$ ;  $H'_{\max} = \frac{\partial H_{\max}}{\partial Y}$ . Пусть теперь справедливо (2). Из (1) найдем

$$\frac{\partial G}{\partial Y} = (H_{\max} \cdot H' - H \cdot H'_{\max}) \cdot H_{\max}^{-2}.$$

Но из (2) следует, что  $H' \cdot H_{\max} - H \cdot H'_{\max} = 0$ .

Отсюда  $\frac{\partial G}{\partial Y} = 0$ .

Следствие: при эволюции системы уровень ее живучести не меняется, если  $H = H_{\max}$ .

При реконструкции или развитии системы ее живучесть будет расти в том случае, если выполняются условия следующего утверждения: уровень живучести системы  $G$  растет тогда и только тогда, когда относительное приращение энтропии системы больше относительного приращения рекорда.

Пусть  $\frac{\partial G}{\partial Y} > 0$ . Учитывая, что

$$\frac{\partial G}{\partial Y} = (H_{\max} \cdot H' - H \cdot H'_{\max}) \cdot H_{\max}^{-2}, \quad (3)$$

получим 
$$H_{\max} \cdot H' > H \cdot H'_{\max}. \quad (4)$$

Так как  $H_{\max} > H > 0$  всегда, то из (4) получим

$$\frac{H'}{H} > \frac{H'_{\max}}{H_{\max}}. \quad (5)$$

Пусть теперь справедливо (5). Тогда из (3) и (5) следует, что справедливо  $\frac{\partial G}{\partial Y} > 0$ .

Эти два утверждения объединяются в одно: живучесть системы не убывает при эволюции системы, если относительное приращение энтропии системы не меньше относительного приращения рекорда системы

$$\frac{H'}{H} \geq \frac{H'_{\max}}{H_{\max}}. \quad (6)$$

Таким образом, у системы, обладающей тенденцией к росту уровня живучести, ее энтропия всегда стремиться в процессе эволюции к максимально возможной.

Этот принцип отвечает принципу максимума неопределенности состояния системы. Отметим, что этот принцип совпадает с принципом самоорганизации систем, полученным Г. Ферстером.

В зависимости от того, живучесть каких сторон системы мы рассматриваем, можно получить более конкретные свойства показателя живучести.

1. Предположим, что система организована так, что  $H = \text{const}$  всегда. Следовательно, для выполнения (6) необходимо, чтобы выполнялось условие  $H'_{\max} < 0$ .

Таким образом, при  $H = \text{const}$  у системы, стремящейся повысить свою живучесть в процессе эволюции, ресурсы должны использоваться на снижение рекорда, его приближение к  $H$ . То есть не меняется ни состав элементов системы (например, на принципиально новый), ни структура системы, ни динамика ее функционирования, хотя ресурсы для этого есть. Их необходимо использовать для повышения, например, надежности элементов сложной системы (оперативный штаб оборудовать дополнительными средствами защиты, перевозки материально-технических средств автомобильным транспортом осуществлять под усиленной охраной и т.д.), ее структуры (ввести в штат пожарных частей новые, перспективные пожарные автомобили и линии УКВ спутниковой связи и т.д.).

Пусть для некоторой системы  $H = 0$  множество возможных состояний системы  $\{X_{<m>}\}_n = \{x_{<1>}, \dots, x_{<m>}\}_n^T$  и множество недопустимых  $\{X_{<m>}\}_k = \{x_{<1>}, \dots, x_{<m>}\}_k^T$ , составляющих вместе полную группу событий, можно, как уже говорилось, сопоставить вероятные меры  $P(\{X_{<m>}\}_n)$  и  $P(\{X_{<m>}\}_k)$ .

Рекорд системы можно определить как



$$H_{\max} = -P(\{X_{<m>}\}_n) \cdot \ln P(\{X_{<m>}\}_n) - P(\{X_{<m>}\}_k) \cdot \ln P(\{X_{<m>}\}_k).$$

Необходимо выполнить условие  $H'_{\max} < 0$ , что приведет к минимизации  $H_{\max}$ , так как по предложению  $H = 0$ . Из основных свойств энтропии следует, что  $H_{\max} = 0$  тогда и только тогда, когда все вероятности кроме одной равны нулю, а эта единственная равна единице.

Таким образом, при  $H = \text{const}$  и  $H_{\max} > 0$  живучесть системы со временем будет возрастать, если при эволюции системы будем проводить мероприятия, которые привели бы к такому перераспределению вероятностей всех состояний системы, при котором только одно состояние, причем с минимальной вероятностью, отвечает положению системы, отождествленному с гибелью.

2. Пусть  $H_{\max} = \text{const}$ . Для выполнения (6) необходимо, чтобы  $H' > 0$ . То есть при  $H_{\max} = \text{const}$  у системы, стремящейся повысить свою живучесть в процессе эволюции, энтропия должна возрастать, стремиться к рекорду. Это происходит, например, когда вводим дополнительные пути подвоза материальных средств, повышая при этом скрытность функционирования системы.

Этот же принцип заложен в основе стратегии использования мобильных средств, например, автомобильного транспорта с запасами материально-технических средств. Так одним из вариантов повышения живучести этой системы, с учетом использования автотранспорта, может быть вариант повышения уровня неопределенности местоположения транспортных средств с запасами материально-технических средств и противопожарного технического вооружения, передвигающихся по случайному закону не замкнутой дорожной цепи.

3. Если эволюция системы протекает так, что  $H' > 0$  и  $H'_{\max} > 0$  то, как легко видеть, этот случай является комбинацией двух предыдущих.

4. Если  $H' > 0$ , то поскольку  $\lim H = H_{\max}$  из (6) следует, что для системы, уровень, живучести которой не убывает в процессе эволюции, должно выполняться условие  $\frac{H'}{H'_{\max}} > 1$ .

Таким образом, энтропия системы должна в этом случае расти быстрее, чем максимально возможная энтропия.

5. Если система такова, что  $H' < 0$ , то необходимо, как следует из (6), чтобы при этом выполнялось условие  $H'_{\max} < 0$ , что также приводит к общему условию  $\frac{H'}{H'_{\max}} > 1$ .

Таким образом, в данном случае энтропия системы должна убывать медленнее, чем рекорд. Это требование отвечает условию обеспечения энтропийной устойчивости динамических систем, понятие о которой было введено В.Л. Строгановичем.

Рассмотрим этот вопрос подробнее.

В соответствии с [4, 7] рассмотрим систему дифференциальных уравнений,

$$\frac{dx_j}{dt} = f_j(x_1, \dots, x_m, t), \quad j = 1, \dots, m, \quad (7)$$

описывающих динамику системы.

Предположим, что правые части, то есть функции  $f_j(x_1, \dots, x_m, t)$  непрерывные в некоторой открытой области, являются дифференцируемыми функциями своих аргументов.

При случайных начальных условиях частное решение (7) будет представлять собой случайные функции времени.

Обозначим плотность распределения этих функций в произвольный момент времени  $t$  как величину

$$\frac{dx_j}{dt} = f_j \cdot (x_1, \dots, x_m, t) = \varphi.$$

Введем следующие, достаточно слабые допущения:  $\varphi$  – дифференцируемая по аргументам функции;  $\varphi \cdot f_j(x_1, \dots, x_m, t) = 0 \quad \forall x_j = \pm\infty, j = 1, \dots, m$

Энтропия системы (1, 4, 6) при (1, 4, 7) равна

$$H = - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \varphi \ln \varphi dx_1 \dots dx_m = -M[\ln \varphi]. \quad (8)$$

Поскольку производная от математического ожидания равна математическому ожиданию производной, то из (8) получаем

$$\begin{aligned} \frac{dH}{dt} &= -M \left[ \frac{d \ln \varphi}{dt} \right] = -M \left[ \frac{t}{\varphi} \frac{d\varphi}{dt} \right] = \\ &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\varphi}{dt} dx_1 \dots dx_m = \\ &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \left( \sum_{j=1}^m \frac{d\varphi}{dx_j} \cdot \frac{dx_j}{dt} + \frac{d\varphi}{dt} \right) dx_1 \dots dx_m. \end{aligned} \quad (9)$$

Интеграл от второго слагаемого в (9) равен нулю, поскольку

$$\int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \varphi dx_1 \dots dx_m = t.$$

Тогда из (7) и (9) следует  $\frac{dH}{dt} = - \sum_{j=1}^m \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \frac{d\varphi}{dx_j} f_j(x_1, \dots, x_m, t) dx_1 \dots dx_m.$

Учитывая второе допущение, получим

$$\begin{aligned} &- \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \frac{dy}{dx_j} \cdot f_j(x_1, \dots, x_m, t) dx_1 \dots dx_m = \\ &= \varphi f_j(x_1, \dots, x_m, t) \Big|_{-\infty}^{\infty} - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \varphi \frac{\partial f_j(x_1, \dots, x_m, t)}{\partial x_j} \cdot dx_1 \dots dx_m = \\ &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} \varphi \frac{\partial f_j(x_1, \dots, x_m, t)}{\partial x_j} \cdot dx_1 \dots dx_m. \end{aligned}$$

Отсюда

$$\frac{dH}{dt} = - \sum_{j=1}^m \int \dots \int \frac{d\varphi}{dx_j} f_j(x_1, \dots, x_m, t) dx_1 \dots dx_m = \sum_{j=1}^m M \left[ \frac{\partial f_j(x_1, \dots, x_m, t)}{\partial x_j} \right].$$

Таким образом, для системы (7) справедливо

$$\frac{dH}{dt} = \sum_{j=1}^m M \left[ \frac{\partial f_j(x_1, \dots, x_m, t)}{\partial x_j} \right].$$

В соответствии с [4, 7] система (7) обладает общей монотонной энтропийной устойчивостью, если при произвольном начальном законе распределения координат общая энтропия системы монотонно убывает с течением времени.

В соответствии с полученным результатом, необходимым и достаточным условием общей монотонной энтропийной устойчивости системы (7) является выполнение условий

$$\frac{dH}{dt} = \sum_{j=1}^m M \left[ \frac{\partial f_j(x_1, \dots, x_m, t)}{\partial x_j} \right] < 0, \quad (10)$$

при произвольном начальном законе распределения.

Поскольку понятие живучести является важнейшей составной частью понятия устойчивости сложных систем, полученное условие (10) можно рассматривать применительно к оценке живучести системы, описываемой дифференциальными уравнениями (7).

Отметим, однако, что полученный результат не полностью совпадает с понятием устойчивости в классическом смысле. Система может обладать энтропийной устойчивостью, но в то же время быть неустойчивой в обычном смысле.

## Выводы

1. Сформулированное понятие живучести применительно к системе ресурсного обеспечения пожарных подразделений при тушении пожаров предлагается определять как комплексное свойство системы, заключающееся в ее способности к функционированию в условиях опасных факторов пожара.

Установлено, что система, реагирующая на воздействие факторов пожара по заранее определенному предписанию, детерминировано, сверхчувствительна к малейшим отклонениям условий функционирования от предусмотренных и не может обладать, тем самым, высоким уровнем живучести.

2. Определено, что уровень живучести системы ресурсного обеспечения пожарных подразделений при воздействии опасных факторов пожара зависит от мощности множества допустимых состояний системы и разнообразия этого множества и в целом отвечает закону необходимого разнообразия У. Эшби.

Исходя из этого, в качестве показателя уровня живучести предлагается использовать отношение энтропии состояния системы и максимально возможной энтропии (рекорду), при наложенных на систему ограничениях. При этом живучесть, определяется данным показателем, не убывает при эволюции системы, если относительное приращение энтропии системы не меньше относительного приращения рекорда.

3. Определена тесная связь энтропии с традиционными показателями устойчивости систем. Получено, в частности, соотношение (4), показывающее взаимосвязь между

изменением энтропии системы и параметрами дифференциальных уравнений, описывающих динамику сложной системы. Из этого соотношения получено условие (5) общей монотонной энтропийной устойчивости, выраженное через параметры дифференциальных уравнений.

Для использования предложенного подхода и оцениванию уровня живучести необходимо оценить энтропию анализируемой системы и в рамках существующих на эту систему ограничений синтезировать систему, обладающую рекордом и оценить последний.

Проведенный анализ и полученные выводы доказывают правомочность использования энтропийного подхода для анализа живучести системы ресурсного обеспечения пожарных подразделений при тушении пожаров и введенного показателя для оценки уровня их живучести.

### **Литература**

1. Эшби У.Р. Принципы самоорганизации. М.: Мир, 1966.
2. Петрушенко Л.А. Единство системности, организованности и самодвижения. М.: Мысль, 1975.
3. Петров Ю.П. Информация и Энтропия в кибернетике. Л.: ЛГУ, 1989.
4. Шамбадаль П. Развитие и приложения понятия энтропии. М.: Наука, 1967.
5. Постон Т., Стьюард Я. Теория катастроф и ее приложения. М.: Мир, 1980.
6. Гилморр Р. Прикладная теория катастроф. М.: Мир, 1984.
7. Рабочая книга по прогнозированию. М.: Мысль, 1982.

## **МОНИТОРИНГ ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ МОСКВЫ И Г. КОСТРОМЫ**

**Т.Е. Ткаченко, доктор биологических наук.**

**Академия гражданской защиты МЧС России, Москва**

Рассмотрены данные мониторинга экологической обстановки городов Москвы и Костромы, связанных с содержанием в воздухе загрязняющих веществ, и анализ техногенного загрязнения окружающей среды.

*Ключевые слова:* экологическая обстановка, техногенное загрязнение, техногенные риски

## **MONITORING OF TECHNOLOGICAL RISKS OF MOSCOW AND KOSTROMA**

**T.E. Tkachenko. Academy of Civil Defence EMERCOM of Russia, Moscow**

Considered environmental monitoring data to the cities of Moscow and Kostroma associated with the content of the air pollutants in general and the analysis of man-made pollution.

*Key words:* environmental conditions, industrial pollution, technogenic risks

Одним из основных направлений государственного управления в области охраны окружающей среды является мониторинг объектов окружающей среды. Ресурсы биосферы в виде исходных компонентов участвуют в технологических процессах, при переходе в целевые продукты, обеспечивают процесс воспроизводства и развития техносферы на всех ее уровнях.

В настоящее время над крупными городами России и Европы воздух содержит в 10 раз больше аэрозолей и в 25 раз больше газов по сравнению с ПДК. Из них автомобильный транспорт дает 60–70 % газового загрязнения. Определено, что из-за этого на 5–10 % происходит увеличение атмосферных осадков и понижение на 10–20 % солнечной радиации и скорости ветра.

В городской среде с индустриальной технологией на жизнедеятельность человека оказывает прямое влияние загрязненность воздуха, связанная с техногенными факторами.

На основании мониторинга крупного промышленного города Москвы и одного из архитектурных памятников страны города Костромы установлено, что главным источником загрязнения атмосферного воздуха Москвы и г. Костромы является автотранспорт. Многие химические соединения (оксиды углерода, углеводороды, оксиды и диоксиды азота, диоксиды серы, сажа, бензин, свинец, отработанные масла, продукты износа шин и тормозов, асфальтового покрытия дорог) – все это негативно влияет на окружающую среду и человека.

Источниками загрязнения атмосферы на территории Москвы являются более 31 тыс. промышленных и строительных объектов (в том числе 2,5 тыс. автотранспортных хозяйств), 13 теплоэлектростанций и филиалов, 63 районные и квартальные тепловые станции, до тысячи мелких отопительных котельных и более 4 млн единиц автотранспорта.

Основным источником поступления загрязняющих веществ в атмосферу является автотранспорт (83 %), затем выбросы от стационарных источников промышленных предприятий и объекты теплоэнергетики (17 %).

По данным Москомприроды, количество загрязняющих твердых веществ от автотранспорта составляет в пределах 120 кг в год на одного жителя, их суммарный выброс от автомобилей достиг в 1998 г. 1 млн 830 тыс. т/год или 83 % от объема всех выбросов в атмосферу города [1, 2].

Основным источником загрязнения воздуха в Костроме является транспортно-дорожный комплекс, на долю которого приходится 60 % и 40 % на стационарные и передвижные источники. От стационарных источников (промышленных предприятий) в атмосферный воздух в 2003 г. поступило 49,4 тыс. т загрязняющих веществ, что на 2,3 тыс. т больше, чем в 2002 г. Общее число выбрасываемых в атмосферный воздух веществ в результате производственно-хозяйственной деятельности составляет около 160 [3, 4].

Фактическая масса выбросов специфических веществ (бенз(а)пирена, формальдегида, хлора, бензола, соляной кислоты, стирола, этилена и др.) от стационарных источников предприятий в последние годы составляет не более 2/3 от согласованной в проектах нормативов ПДК. В тоже время на ряде предприятий городов имеют место сверхнормативные временно согласованные выбросы веществ, по которым наблюдаются повышенные фоновые значения допустимого содержания.

Дальнейшее снижение уровня воздействия промышленных объектов по фактору химического загрязнения атмосферы сталкивается с рядом проблем технологического и экономического характера. С одной стороны, это отсутствие эффективных методов подавления выбросов и эффективных систем очистки выбросов загрязняющих веществ. Особенно низок уровень платы за выбросы особо токсичных веществ, обладающих эффектом кумуляции, канцерогенными и мутагенными свойствами по отношению к организму человека.

Формальдегид является одной из составляющих частей загрязненного воздуха крупнейших городов. Наибольшее содержание формальдегида в воздухе выявлено в г. Норильске (8 ПДК), г. Липецке (7 ПДК).

По России за год в сутки средняя концентрация формальдегида составляет 8 мкг/м<sup>3</sup>. Это выше среднесуточного ПДК примерно в 3 раза. Число городов, в которых среднегодовые концентрации формальдегида в сутки превышали 1 ПДК, возросло с 1998 по 2004 гг. с 103 до 117.

В Юго-Восточном округе Москвы увеличено число проб атмосферного воздуха с превышением ПДК формальдегида в 45,8 %. Для Костромы среднегодовая концентрация формальдегида составляет 5 мкг/м<sup>3</sup> или 1,7 ПДК. Изучение годового хода среднемесячных концентраций за 2001–2004 гг. показало, что наибольшее значение концентраций формальдегида отмечаются в теплую часть года (в период с мая по сентябрь), как видим к образованию формальдегида приводит активизация фотохимических процессов, связанных с высокими летними температурами и значительной интенсивностью солнечной радиации. Снижение концентрации данного загрязняющего вещества возможно лишь при снижении общего загрязнения воздуха оксидами азота и углеводорода.

В Московском мегаполисе расположено около 1400 промышленных объектов и исследовательских центров, работающих с радиоактивными веществами и оборудованием, изготовленным на их основе. Функционирует 9 атомных реакторов. В Российском научном центре «Курчатовский институт» находится термоядерная установка «Токмак» и сеть крупных ядерных реакторов с 10 хранилищами радиоактивных отходов, вывоз и захоронение которых являются большой проблемой для Москвы.

На территории Костромской области в настоящее время 7 предприятий и учреждений осуществляют деятельность в области использования источников атомной энергии, закрытых радиационных источников – 47. Активность используемых предприятиями источников ионизирующих излучений составляет от  $9,3 \times 10^8$  Бк до  $1,82 \times 10^{14}$  Бк. Закрытые радионуклеотидные источники применяются для:

- облучения глубоко расположенных опухолей;
- лучевого лечения злокачественных новообразований, локализованных в естественных полостях тела человека.

Вклад в эффективную годовую дозу облучения населения распределяется следующим образом от:

- деятельности предприятий, использующих источники ионизирующего излучения (ИИИ) – 0,77 чел. – Зв (0,04 %);
- глобальных выпадений – 17,49 чел. – Зв (0,88 %);
- естественных источников – 1 162,0 чел. – Зв (58,22 %);
- медицинских исследований – 815,70 чел. – Зв (40,86 %).

Ведущими факторами облучения населения являются природные источники и медицинские рентгенодиагностические процедуры. Мощность дозы гамма-излучения во вновь построенных зданиях не превышает естественного фона на открытой местности, объемная активность радона в воздухе жилых помещений составляет, в среднем, 27,1 Бк/м<sup>3</sup>, что не превышает допустимых уровней 100–200 Бк/м<sup>3</sup>.

В строительных материалах из местного сырья, используемых для вновь строящихся жилых и общественных зданий, эффективная удельная активность естественных радионуклеотидов составила в 2003 г. от 16,6 до 67,6 Бк/кг; материалы, ввозимые из других территорий, соответствовали 1 классу (для всех видов строительства без ограничений).

На основе данных мониторинга экологической обстановки городов Москвы и Костромы, связанных с содержанием в воздухе загрязняющих веществ в целом, формальдегида и радиационной обстановки можно сделать следующие выводы:

- анализ техногенного загрязнения окружающей среды городов Москвы и Костромы показывает, что главным источником загрязнения атмосферного воздуха Москвы и г. Костромы является автотранспорт;
- дальнейшее повышение эффективности мероприятий по снижению содержания в воздухе Москвы и г. Костромы загрязняющих веществ и формальдегида в частности, должно быть направлено на улучшение финансирования этих мероприятий;
- загрязнений территорий предприятий, чрезвычайных ситуаций и аварий, связанных с нарушением правил хранения или обращения с источниками атомной энергии и ионизирующих излучений не выявлено.

С целью совершенствования экологической безопасности в Москве и г. Костроме необходимо:

- обеспечить автотранспорт городов моторным топливом с кислородсодержащими добавками, соответствующим экологическим требованиям;
- разработать нормативную базу и экономический механизм расширения использования газа или метанола в качестве моторного топлива в личном автотранспорте населения и общественными организациями.

В области снижения выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами автотранспортом Москвы и г. Костромы:

- разработать механизм и нормативно-правовую базу по стимулированию и принуждению применения на личном автотранспорте (с бензиновым двигателем) и автотранспорте организаций, расположенных в городе, окислительных нейтрализаторов;
- разработать механизм и нормативно-правовую базу по стимулированию и принуждению перевода личного автотранспорта населения и автотранспорта организаций, расположенных в черте города на газовое моторное топливо или этанол.

### **Литература**

1. Государственный доклад о состоянии окружающей природной среды Москвы в 1997, 2000, 2001 гг. М., 2002.
2. Национальный план действий по охране окружающей среды РФ на 1999–2001 гг. М., 2000. 108 с.
3. О состоянии и об охране окружающей среды Костромской области в 2002 г.: доклад. Кострома, 2003. 190 с.
4. О состоянии и об охране окружающей среды Костромской области в 2003 г.: доклад. Кострома, 2004. 245 с.



---

---

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

---

## ВОПРОСЫ БЕЗОПАСНОСТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС.**

**Г.В. Макачук, кандидат педагогических наук, доцент.**

**Военный инженерно-технический институт, Санкт-Петербург**

Рассмотрены во взаимосвязи водные проблемы, проблемы формирования и использования ресурсов пресной воды с учетом возможных экологических последствий.

*Ключевые слова:* вода, загрязнения, водопотребление, гидросфера

## SAFETY CONSIDERATIONS OF WATER SUPPLY

L.V. Medvedeva. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

G.V. Makarchuk. Military technical-engineering university, Saint-Petersburg

Considered in conjunction water problems, problems of formation and use of fresh water on the potential environmental impacts.

*Key words:* water, pollution, water consumption, hydrosphere

Вода – одно из самых распространенных веществ на Земле, покрывающее большую часть поверхности нашей планеты. Воду нельзя ничем заменить – этим она отличается практически от всех других видов сырья и топлива. Из воды в основном состоят почти все живые существа. Свойства воды настолько важны для живых организмов, что известная нам форма жизни без нее вообще невозможна. Без воздуха (кислорода) жизнь возможна (анаэробные организмы), без воды – нет.

Академик В.И. Вернадский считал, что «вода и живое вещество – генетически связанные части организованности земной коры», а выдающийся немецкий физиолог Эмиль Дюбуа Раймон писал: «Жизнь – это одушевленная вода».

Масса воды на Земле составляет всего около 0,025 % общей массы Земли. Она содержится в атмосфере в виде паров, составляет океаны, моря и континентальные воды, образует подземные воды в толщах осадочных пород. Большая часть воды сосредоточена в Мировом океане (до 86,5 %).

Десятки видов молекул и ионов, растворенных в природной воде, превращают её в чудо природы, в колыбель жизни и связующее звено между неорганической материей и живым веществом.

Водопотребление в мире, в том числе в производственной сфере, растет высокими темпами уже более 100 лет. Согласно данным ООН, около 700 млн человек в 43 странах



живут в условиях нехватки пресной воды, примерно  $\frac{1}{6}$  населения Земли не имеет доступа к чистой питьевой воде, а  $\frac{1}{3}$  – к воде для бытовых нужд.

По прогнозам ученых, к 2025 г., если не принимать срочных мер, без питьевой и бытовой воды могут остаться около 3 млрд человек, а еще  $\frac{2}{3}$  жителей земного шара будут страдать от ее нехватки. Примерно между 2035 и 2045 гг. объем потребляемой пресной воды сравняется с её ресурсами. На долю пресной воды приходится 2,5 %. Однако большая ее часть, 24 млн км<sup>3</sup>, находится в форме ледников и снежного покрова Антарктиды, Гренландии и Арктики. В реках и озерах сосредоточено всего 95 000 км<sup>3</sup>, или 0,007 % от общих запасов воды на Земле. Объем экономически доступных ресурсов пресной воды неуклонно уменьшается в результате негативных антропогенных воздействий на природные системы её воспроизводства.

Минимально необходимое водопотребление для нужд сельского хозяйства, промышленности, энергетики и сохранения окружающей среды в настоящее время принимается равным 1700 м<sup>3</sup> воды в год на человека. При удельной обеспеченности водой 1000–1700 м<sup>3</sup> наступает состояние водного стресса, при водообеспеченности 500–1000 м<sup>3</sup> – дефицит водных ресурсов, а при уровне ниже 500 м<sup>3</sup> – абсолютный дефицит воды.

Нехватка чистой воды способна стать причиной тяжелейших социальных проблем, связанных со здоровьем людей. Так, по оценкам Мирового Банка, 88 % всех болезней в мире спровоцировано плохим качеством питьевой воды и ее нехваткой для гигиенических нужд.

Известны многочисленные примеры, когда нехватка воды приводила к вооруженным конфликтам и войнам между сопредельными государствами. В последнее десятилетие конфликты и кризисы по этой причине нарастают уже в 46 странах (в них живет 2,7 млрд человек), а в 56 странах, где проживают 1,2 млрд человек, существует серьезная опасность политической нестабильности. В частности, с увеличением нагрузки на окружающую среду возрастает конфликтность между государствами в регионах Ближнего и Среднего Востока, Центральной Азии и Северной Африки.

Россия обладает уникальным водно-ресурсным потенциалом –  $\frac{1}{5}$  общемировых ресурсов питьевой воды, что определяет ее особое место в мировом сообществе и одновременно налагает особую ответственность. Тем не менее, проблемы нехватки воды не обошли и нашу страну. Так, в 2009 г. питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, было обеспечено только 38 % населенных пунктов, недоброкачественной питьевой водой 9 % населенных пунктов (в остальных населенных пунктах питьевая вода не исследовалась). Основную долю населенных пунктов, в которых не проводятся исследования питьевой воды, составляют сельские населенные пункты, обеспеченные нецентрализованным водоснабжением. Доля населения России, обеспеченного питьевой водой, отвечающей требованиям безопасности, в 2009 г. составила 86 %.

Об угрозе нехватки водных ресурсов говорится в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г., утвержденной указом Президента РФ от 12 мая 2009 г. № 537. В ней, в частности, отмечается, что «состояние национальной безопасности в сфере экологии усугубляется сохранением значительного количества опасных производств, деятельность которых ведет к нарушению экологического баланса, включая нарушение санитарно-эпидемиологических и (или) санитарно-гигиенических стандартов потребляемой населением страны питьевой воды». Основными угрозами безопасности объектов водопользования являются:

- загрязнение водных объектов (отвалы руд и минерализованных пород горнодобывающих предприятий, скотомогильники, отходы производства, ливневые и талые воды, вырубка лесов, распашка земель, застройка жилыми и промышленными объектами, сточные воды предприятий жилищно-коммунального хозяйства (ЖКХ), бесхозные гидрогеологические скважины);

- истощение водных объектов (расточительное водопользование, устаревшие водоемкие производственные технологии, большие потери воды при ее транспортировке и

использовании для нужд промышленности и ЖКХ, нарушения режимов эксплуатации водозаборов).

В решении проблем водопользования важную роль призвана сыграть Водная стратегия Российской Федерации на период до 2020 г., утвержденная Распоряжением Правительства РФ от 27 августа 2009 г. № 1235-р. На ее финансирование предусмотрено 662 млрд руб., в том числе 480 млрд руб. из федерального бюджета. Стратегия предусматривает сокращение непроизводительных потерь воды в 2 раза. Рационализация водопользования, в том числе снижение потерь воды за счет внедрения водосберегающих технологий и реконструкции систем водоподачи, могут снижать энергоемкость экономики на 20 млрд руб. ежегодно [1].

Всякий водоем или водный источник связан с окружающей его внешней средой. На него оказывают влияние условия формирования поверхностного или подземного водного стока, разнообразные природные явления, индустрия, промышленное и коммунальное строительство, транспорт, хозяйственная и бытовая деятельность человека. Последствием этих влияний является привнесение в водную среду новых, несвойственных ей веществ – загрязнителей, ухудшающих качество воды [2].

Загрязнителем гидросферы может быть любой природный или антропогенный агент, поступающий в окружающую природную среду или возникающий в ней в количестве, превышающем фоновые значения и вызывающий тем самым её загрязнение среды.

При этом мерой загрязнения данным агентом среды является степень отклонения от фоновых значений данного агента. Согласно этой (широкой) трактовке любой новый для среды агент (даже если он не токсичен по отношению к биоте) рассматривается как загрязнитель.

В узком смысле загрязнитель – это физический, химический или биологический компонент, попавший в среду техногенным путем и оказывающий вредное токсическое действие на биоту (живые организмы) [3].

В гидросферу ежегодно сбрасывают более 600 млрд тонн энергетических, промышленных, бытовых и другого рода сточных вод, десятки миллионов тонн загрязненной воды производят водный транспорт и другие объекты. По причине эксплуатации несовершенных технических средств, экологически опасных технологических процессов и веществ, а также в результате аварий и катастроф в водные пространства попадают более 20–30 млн тонн нефти и продуктов ее переработки, а также другие загрязняющие вещества и соединения разной природы. Мощные транспортные средства, постоянно бороздящие по морям и океанам, стали одной из причин возрастающего загрязнения гидросферы.

Интенсивное загрязнение гидросферы происходит по многим причинам и от весьма разнообразных источников. К числу основных относятся:

- сбрасываемые сточные воды, образующиеся в процессе эксплуатации энергетических, промышленных, химических, медицинских, оборонных, жилищно-коммунальных и других предприятий и объектов;
- захоронение радиоактивных отходов в контейнерах и емкостях, которые через определенный период времени теряют герметичность;
- постоянное функционирование в водных пространствах пассажирских, грузовых транспортных средств, а также плавсредств учебного и военного назначения;
- аварии и катастрофы, происходящие на суше и в водных пространствах;
- сточные воды с земли, возникающие при таянии снега и льда, а также выпадении дождей;
- атмосферный воздух, загрязненный токсичными, радиоактивными и другого рода поллютантами [4].

Загрязнение вод проявляется в изменении физических показателей качества воды (температуры, прозрачности, окраски, запахов, вкуса), химических показателей качества воды (увеличение солесодержания, сокращение растворенного в воде кислорода воздуха,

изменение щелочности, кислотности, рН, окисляемости) и бактериологических показателей качества (болезнетворных бактерий).

Физические загрязнения подразделяются на: тепловые, шумовые, радиоактивные, электромагнитные.

Тепловое загрязнение. Показателем возможного теплового загрязнения является температура. Тепловое загрязнение водоема происходит обычно в результате использования воды для отвода избыточного тепла и сбрасывания воды с повышенной температурой в водоем. При тепловом загрязнении происходит повышение температуры воды в водоеме по сравнению с естественными значениями температуры в тех же точках в соответствующие периоды сезона.

Основные источники промышленных тепловых загрязнений – теплые воды электростанций (прежде всего атомных) и крупных промышленных предприятий, образующиеся в результате отведения тепла от нагретых агрегатов и машин. Электростанции часто сбрасывают в водоемы воду, имеющую температуру на 8–12° С больше, чем забираемая из того же водоема вода. В результате изменяются физические, химические, биохимические и биологические процессы, протекающие в водоеме. Ущерб в результате теплового загрязнения можно условно разделить на несколько направлений:

- экономический – потери вследствие снижения продуктивности водоемов, затрат на ликвидацию последствий от загрязнения;
- социальный – эстетический ущерб вследствие деградации ландшафтов;
- экологический – необратимые разрушения уникальных экосистем, исчезновение видов, генетический ущерб.

Шумовое загрязнение – превышение естественного уровня шумового фона или ненормальное изменение звуковых характеристик: периодичности, силы звука и т.п. Шумовое загрязнение приводит к повышенной утомляемости человека и животных, понижению производительности труда, физическим и нервным заболеваниям.

Раздражающие шумы существуют и в природе (абиотические и биотические), однако считать загрязнением их неверно, поскольку живые организмы адаптировались к ним в процессе эволюции.

Одним из самых известных случаев ущерба, наносимого шумовым загрязнением природе, являются многочисленные случаи, когда дельфины и киты выбрасывались на берег, теряя ориентацию из-за громких звуков военных гидролокаторов (сонаров).

Радиационные загрязнения представляют огромную опасность для водных организмов. Основными источниками радиоактивных загрязнений являются различного рода аварии, сброс радиоактивной воды с АЭС, заводов и других объектов гражданского и военного назначения, бесконтрольно брошенные жидкие и твердые радиоактивные отходы из-за высокой стоимости требуемого захоронения, испытания атомного оружия. В настоящее время все острее встает проблема складирования и хранения радиоактивных отходов военной промышленности и атомных электростанций. С каждым годом они представляют все большую опасность для окружающей среды.

В Японии землетрясение 11 марта 2011 г. привело к аварии на АЭС в префектуре Фукусима и радиоактивной утечке. В различных районах Японии выявлено загрязнение питьевой воды, молока и шпината радиоактивным йодом и цезием. В случае попадания радиоактивных частиц в организм человека внутренние органы подвергнутся радиоактивному облучению, что может привести к заболеванию раком. Следы радиоактивного йода также зарегистрированы в пробах водопроводной воды в 5 префектурах: Тотиги, Гумма, Ниигата, Тиба и Сайтама. Кроме того, в образцах воды в префектурах Тотиги и Гумма (соседствуют с Фукусимой) обнаружены частицы цезия [5].

Электромагнитное загрязнение (ЭМП антропогенного происхождения или электромагнитный смог) – это совокупность электромагнитных полей, разнообразных частот, негативно влияющих на человека.

Химическое загрязнение – изменение естественных химических свойств вода за счет

увеличения содержания в ней вредных примесей:

- неорганические примеси – минеральные соли (соединения мышьяка, свинца, кадмия, ртути, хрома, меди, фтора), кислоты, щелочи, аммонийный и нитритный азот, глинистые частицы, биогенные элементы;

- органические примеси – нефть и нефтепродукты, органические остатки, поверхностноактивные вещества, пестициды. Вынос в океан органического вещества оценивается в 300–380 млн т/год [6].

Негативное влияние органических примесей заключается в следующем:

- задерживается развитие или полностью прекращается жизнедеятельность микроорганизмов, участвующих в процессе самоочищения вод;

- при гниении органических осадков могут образовываться вредные соединения и отравляющие вещества, такие как сероводород, аммиак, которые приводят к загрязнению всей воды в реке;

- затрудняется проникновение света в глубь воды и замедляются процессы фотосинтеза;

- поверхностно активные вещества (жиры, масла, смазочные материалы) образуют на поверхности воды пленку, которая препятствует газообмену между водой и атмосферой, что снижает степень насыщенности воды кислородом;

- разлагаясь в водной среде, органические отходы могут стать средой для патогенных организмов. Вода, загрязненная органическими отходами, становится практически непригодной для питья и других надобностей. Бытовые отходы опасны не только тем, что являются источником некоторых болезней человека (брюшной тиф, дизентерия, холера), но и тем, что требуют для своего разложения много кислорода.

Если бытовые сточные воды поступают в водоем в очень больших количествах, то содержание растворимого кислорода может понизиться ниже уровня, необходимого для жизни морских и пресноводных организмов [7].

Органические вещества, содержащиеся в сточных водах, разлагаются ферментами аэробных бактерий, которые поглощают растворенный в воде кислород и выделяют углекислый газ по мере усвоения органических остатков. Для распада органических веществ, содержащихся в одном литре коммунальных сточных вод обычного состава при температуре 20° С, требуется примерно 200 мг кислорода в течение 5 дней. Это значение, называемое биохимической потребностью в кислороде (БПК), принято в качестве стандарта при расчетах количества кислорода, необходимого для очистки данного объема стоков (табл. 1, 2).

Таблица 1. Величины БПК<sub>5</sub> в водоемах с различной степенью загрязненности

Степень загрязнения (классы водоемов)	БПК <sub>5</sub> , мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>
Очень чистые	0,5–1,0
Чистые	1,1–1,9
Умеренно загрязненные	2,0–2,9
Загрязненные	3,0–3,9
Грязные	4,0–10,0
Очень грязные	10,0

Таблица 2. Содержание кислорода в водоемах с различной степенью загрязненности

Уровень загрязненности воды и класс качества	Растворенный кислород		
	лето, мг/дм <sup>3</sup>	зима, мг/дм <sup>3</sup>	% насыщения
Очень чистые, I	9	14–13	95
Чистые, II	8	12–11	80
Умеренно загрязненные, III	7–6	10–9	70
Загрязненные, IV	5–4	5–4	60
Грязные, V	3–2	5–1	30
Очень грязные, VI	0	0	0

Эвтрофикация, или эвтрофирование, – процесс обогащения водоемов питательными веществами, особенно азотом и фосфором, главным образом биогенного происхождения. В результате происходит постепенное зарастание озера и превращение его в болото, заполненное илом и разлагающимися растительными остатками, которое, в конце концов, полностью высыхает. В естественных условиях этот процесс занимает десятки тысяч лет, однако в результате антропогенного загрязнения протекает очень быстро. Так, например, в маленьких прудах и озерах под влиянием человека он завершается всего за нескольких десятилетий.

Эвтрофикация усиливается, когда рост растений в водоеме стимулируется азотом и фосфором, содержащимися в насыщенных удобрениями стоках с сельскохозяйственных угодий, в чистящих и моющих средствах и других отходах. Воды озера, принимающего эти стоки, представляют собой плодородную среду, в которой происходит бурный рост водных растений, захватывающих пространство, в котором обычно обитают рыбы. Водоросли и другие растения, отмирая, падают на дно и разлагаются аэробными бактериями, потребляющими для этого кислород, что приводит к замору рыбы. Озеро заполняется плавающими и прикрепленными водорослями и другими водными растениями, а также питающимися ими мелкими животными. Сине-зеленые водоросли, или цианобактерии, делают воду похожей на гороховый суп с дурным запахом и рыбным вкусом, и покрывают камни слизистой пленкой.

Загрязнение микробиологическое (микробное) – появление необычно большого количества микроорганизмов, связанное с массовым их размножением на различных субстратах или средах, изменённых в ходе естественных процессов или хозяйственной деятельности человека. Различают патогенные (болезнетворные) и сапрофитные бактерии. В связи с обилием форм патогенных организмов, а также сложностью и длительностью их определения прибегают к анализу воды на наличие в ней показательных микробов, что указывает на возможность загрязнения воды патогенной микрофлорой.

Количество кишечных палочек (*Escherichia Coli*) в воде характеризует степень ее загрязнения фекальными стоками. Эти данные используются для контроля за качеством очистки и обеззараживания воды на водоочистных станциях. До последнего времени считалось, что снижение количества кишечных палочек до 3 в одном литре воды в результате ее обеззараживания обеспечивает полную гибель бактерий тифопаратифной группы, туляремийной палочки, бруцеллеза и др. Количество кишечных палочек в одном литре воды называется коли-индексом, а количество воды, в которой содержится 1 кишечная палочка, называется коли-титром. В соответствии с ГОСТ 2874.82, коли-титр, равный 333 мл, должен обеспечивать эпидемическую безопасность питьевой воды. Однако, по СанПиН 2.1.4.559.96, в 100 мл воды не должно быть этих бактерий.

Бактериальная загрязненность воды характеризуется также числом содержащихся в ней бактерий. Оно не должно превышать 50 в одном мл воды (50 000 в 1 л). В воде должны также отсутствовать и простейшие (табл. 3).

Таблица 3. Классы качества воды по микробиологическим показателям

Уровень загрязненности и класс качества вод	Микробиологические показатели		
	общее число бактерий, $10^6$ клеток/мл	число сапрофитных бактерий, 1000 клеток/мл	отношение общего числа бактерий к числу сапрофитных бактерий
Очень чистые, I	<0,5	<0,5	<1000
Чистые, II	0,5–1,0	0,5–5,0	>1000
Умеренно загрязненные, III	1,1–1,3	5,1–10,0	1000–100
Загрязненные, IV	3,1–5,0	10,1–50,0	<100
Грязные, V	5,1–10,0	50,1–100,0	<100
Очень грязные, VI	>10,0	>1000	<100

Вода – не просто универсальный хозяйственный ресурс промышленности и сельского хозяйства, энергетики и транспорта, коммунально-бытовое удобство или объект рекреации населения, но и могучее санитарно-гигиеническое средство. Это незаменимый жизненный ресурс человечества, основа жизни на Земле. Проблема водоснабжения человечества может быть решена только при условии выполнения принципов, указанных в табл. 4.

Таблица 4

Экологические	Экономические	Социальные
<ul style="list-style-type: none"> <li>• сохранение устойчивости экосистем, прямо и косвенно связанных с водой</li> <li>• учет экологической емкости территории</li> <li>• рациональное и комплексное использование водных ресурсов</li> <li>• изъятие воды не должно превышать темпы естественного восстановления в течение длительного периода</li> <li>• устранение необратимого техногенного воздействия на биогеохимические и гидрологические циклы</li> <li>• интеграция экологических подходов с экономическими и социальными и их переход в управленческие решения</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• системный подход к использованию воды</li> <li>• примат государственного регулирования (с помощью экономических рычагов) над чисто рыночными</li> <li>• увеличение инвестиций в мероприятия по охране водоисточников от загрязнения и истощения</li> <li>• сельскохозяйственная деятельность без угрозы загрязнения природных вод</li> <li>• техническое перевооружение, внедрение лучших технологий</li> <li>• приоритет энерго- и ресурсосберегающих технологий</li> <li>• отношение к отходам водоподготовки, осадкам, сточным водам как к техногенному сырьевому ресурсу</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• соблюдение принципов УР</li> <li>• примат интересов человека</li> <li>• высокий уровень культуры водопотребления (переориентация: от лозунга больше воды к управлению спросом, к экономии воды)</li> <li>• повышение качества жизни при сохранении природных свойств гидросферы и других частей природной среды</li> <li>• отношение человека к воде как величайшей национальной и общечеловеческой ценности</li> <li>• доступность и достоверность информации о состоянии водоисточников и качестве питьевой воды</li> </ul>

Водные проблемы не могут решаться изолированно, без учета возможных экологических последствий. Водные проблемы, проблемы формирования и использования ресурсов пресной воды – неотъемлемая часть взаимосвязанных проблем оптимального использования растительного и животного мира, энергетических, земельных ресурсов и охраны главного ресурса – экологического равновесия в природе.

### Литература

1. Лиходед В.М. Экология. 2-е изд., доп. и перераб. Ростов н/Д: Феникс, 2009. 253 с.
2. Стадницкий Г.В., Родионов А.И. Экология. 2-е изд., испр. СПб.: Химия, 1996. 240 с.
3. Право и безопасность. 2010. № 2 (35).
4. Кудряшова А.А. Человечество, живой мир и среда обитания. М.: Колос, 2004. 198 с.
5. Радиоактивное загрязнение. [Электронный ресурс]. URL:<http://yandex.ru/yandsearch?text> (дата обращения: 15.04.2012).
6. [Электронный ресурс]. URL:<http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title> (дата обращения: 15.04.2012).
7. [Электронный ресурс]. URL:[http://www.o8ode.ru/article/planetwa/mere/himi4eckoe\\_zagraz](http://www.o8ode.ru/article/planetwa/mere/himi4eckoe_zagraz) (дата обращения: 15.04.2012).

# МОДЕЛИРОВАНИЕ УТЕЧЕК ГОРЮЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ИЗ ПОДЗЕМНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ АВТОЗАПРАВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

О.М. Медведева; Д.Ф. Кожевин.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены закономерности, определяющие площадь пролива пожароопасных жидкостей при авариях на автозаправочных станциях. В основу исследования положены экспериментальные, статистические и общенаучные методы. Экспериментальная оценка площади загрязнения поверхности земли, согласующаяся с теоретическими предпосылками, позволяет использовать полученные результаты для прогнозирования величины утечек пожароопасных жидкостей из подземных трубопроводов автозаправочных станций.

*Ключевые слова:* автозаправочная станция, утечка, трубопровод, пролив, моделирование

## MODELLING OF LEAKS OF FIRE-DANGEROUS LIQUIDS FROM UNDERGROUND PIPELINES OF GASOLINE STATIONS

O.M. Medvedeva; D.F. Kozhevinn.

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

The laws defining the area of passage of fire-dangerous liquids at failures at the gas station are considered. Experimental, statistical and general scientific methods are put in a research basis. The Experimental estimation area contamination to surfaces of the land concordant theoretical premises, allows to use the got results for forecasting of the value drain пожароопасных of the liquids from underground pipe line the gas station.

*Key words:* gasoline station, leak, the pipeline, passage, modeling

Автозаправочные станции (АЗС) моторного топлива имеют собственную и внешнюю составляющие техногенной безопасности.

Собственная безопасность обусловлена соответствием показателей пожарной опасности веществ и материалов, используемых на АЗС, параметрам ее технологического процесса.

Внешняя безопасность подразумевает защищенность АЗС от аварий (пожаров) на близлежащих опасных объектах.

Обе эти составляющие связаны между собой и определяются взаимным расположением объектов на расстояниях  $r$ , описываемых зависимостью [1]:

$$\Delta p = p_0 \cdot \left( 0,8 \frac{m_{\text{пр}}^{0,33}}{r} + 3 \frac{m_{\text{пр}}^{0,66}}{r^2} + 5 \frac{m_{\text{пр}}}{r^3} \right),$$

где  $\Delta p$  – избыточное давление, развиваемое при сгорании газо-паровоздушных смесей, кПа;  $p_0$  – атмосферное давление, кПа;  $r$  – расстояние от геометрического центра газо-паровоздушного облака до рассматриваемого объекта, м;  $m_{пр}$  – приведенная масса газа или пара (кг), рассчитанная по формуле:

$$m_{пр} = \frac{Q_{сг}}{Q_0} \cdot m_{г,п} \cdot Z,$$

где  $Q_{сг}$  – удельная теплота сгорания газа или пара, Дж/кг;  $Z$  – коэффициент участия газо-паровоздушного облака во взрыве;  $Q_0$  – константа, равная  $4,52 \cdot 10^6$  Дж/кг (удельная теплота взрыва тринитротолуола);  $m_{г,п}$  – масса горючих газов и (или) паров легковоспламеняющихся (ЛВЖ) или горючих жидкостей (ГЖ), поступивших в результате аварии в окружающее пространство, кг.

Действующие правовые и нормативные акты Российской Федерации регламентируют оценку техногенного риска опасных промышленных объектов (ОПО), в том числе и АЗС [2, 3]. Однако применение рекомендаций различных документов [1, 4–6] к оценке взрывоопасности АЗС часто дает противоречивые или недостаточно согласованные результаты, что подтверждается данными табл. 1. Как показал анализ, причина их кроется в несовершенстве методики определения площади разлива пожароопасных жидкостей, величина которой, в конечном итоге, определяет массу взрывопожароопасных паров и уровень техногенной опасности.

Поскольку Федеральный закон [7] устанавливает только общие требования пожарной безопасности к объектам защиты, то вопросы оценки и прогнозирования техногенной опасности автозаправочных станций моторного топлива являются актуальными и требуют подробного изучения.

Действующей Методикой [4] для оценки массы горючих веществ, поступающих в пространство при пожароопасных ситуациях, не рассмотрены случаи разрушения подземных трубопроводов, хотя они широко распространены на объектах нефтепродуктообеспечения. В ней не учтено, что часть жидкости уйдет в грунт. Отсутствие таких данных не позволяет получать достоверные результаты при применении действующей методики.

Площадь испарения пожароопасной жидкости, или площадь пролива [4], является важнейшей характеристикой, определяющей высоту факела пламени, количество теплоты и продуктов сгорания, выделяемых при пожаре. В связи с этим, изучение закономерностей, определяющих площадь аварийного разлива пожароопасных жидкостей, является основной задачей, рассматриваемой в настоящей статье.

Площадь пролива ЛВЖ или ГЖ, образующаяся при нарушении целостности трубопровода, будет зависеть от места расположения прорыва на поверхности трубы. На рис. 1 схематично показаны (в поперечном сечении) возможные направления истечения жидкости из аварийного трубопровода.

Очевидно, что наибольший пролив следует ожидать при прорывах в верхней части трубы (точка 1); в меньшей степени – утечки из точек 2 и 4; в положении 3 выход жидкости на поверхность – маловероятен. Эти утверждения базируются на основе учета гидравлических сопротивлений движения жидкости в пористых средах.

В связи с этим, авторами проведены исследования по оценке величины площади пролива жидкости, истекающей из подземного трубопровода. Схема экспериментальной установки представлена на рис. 2.



Таблица 1. Результаты количественной оценки опасности АЗС

Автозаправочная станция, характеристики ее основного технологического оборудования		Применяемые показатели опасности АЗС*		
Условное название	Характеристики	Условная вероятность поражения от теплового излучения** и от волны давления*** [4]	Категория наружных установок по пожарной опасности [5, 7]	Категория взрывоопасности [6]
АЗС № 1	Занимаемая площадь – 0,33 га Объем резервуара – 25 м <sup>3</sup> Емкость автоцистерны – 7,1 м <sup>3</sup>	0	$A_H$	III
АЗС № 2	Занимаемая площадь – 0,5 га Объем резервуара – 60 м <sup>3</sup> Объем трубопровода – 2 м <sup>3</sup> Площадка для автоцистерны – 72 м <sup>2</sup>	0	$A_H$	III
АЗС № 3	Занимаемая площадь – 1,1 га Объем резервуара – 60 м <sup>3</sup> Площадка для автоцистерны – 72 м <sup>2</sup>	0	$A_H$	III

Примечания:

\*Характеристики взрывоопасности АЗС определены для площадки размещения автоцистерны (АЦ) – технологического блока, представляющего наибольшую угрозу.

\*\*Величина избыточного давления  $\Delta P=13,4$  кПа определена на расстоянии 30 м от площадки размещения АЦ ( в соответствии с [4]).

\*\*\*Интенсивность теплового излучения  $q$  составляет 2,2 кВт/м<sup>2</sup> на расстоянии 36 м от площадки размещения АЦ до ближайшей топливно-раздаточной колонки (ТРК): рассмотрен случай наиболее вероятной пожароопасной аварийной ситуации.

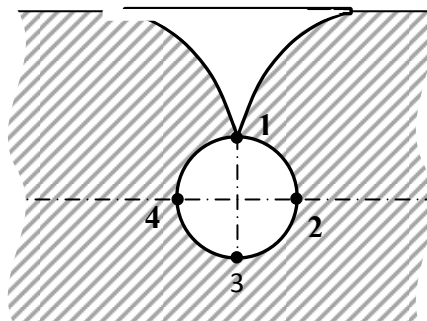


Рис. 1. Вероятные направления утечек жидкости из подземного трубопровода:  
1 – вверх; 2 и 4 – вправо и влево; 3 – вниз

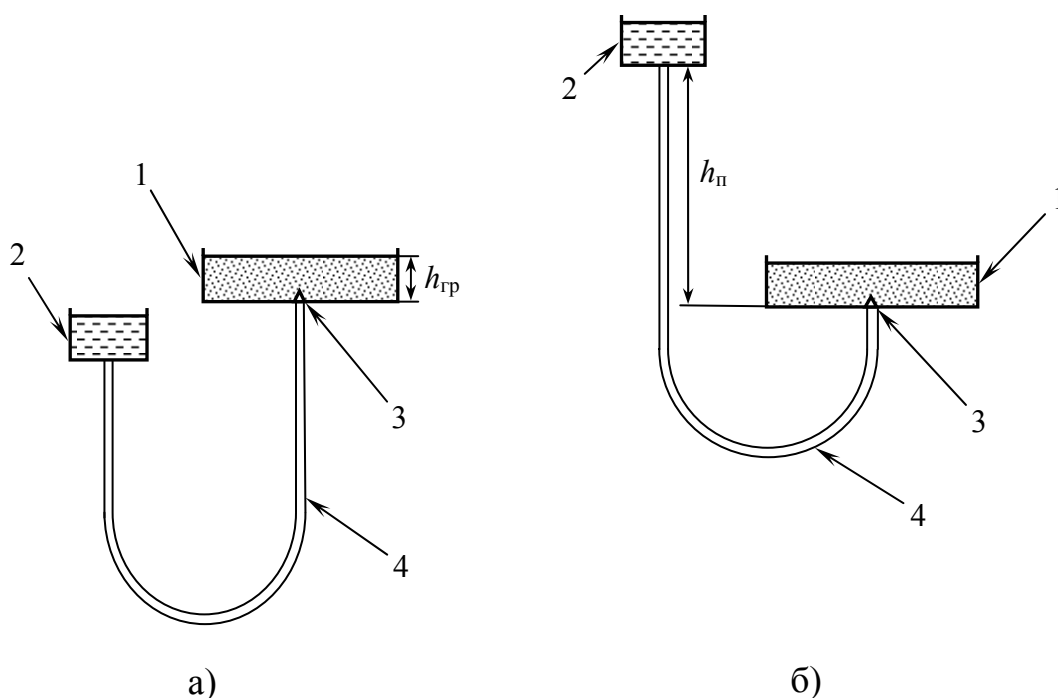


Рис. 2. Схема установки для моделирования утечек из подземного трубопровода:  
 а) исходное положение; б) истечение под избыточным давлением; (1 – емкость с грунтом;  
 2 – емкость с жидкостью; 3 – жиклер (диаметр 0,17 мм); 4 – гибкий соединительный трубопровод;  
 $h_{гр}$ ,  $h_{п}$  – величины, моделирующие высоту грунта и напор жидкости в трубопроводе  
 при аварийном истечении)

Установка позволяет моделировать процесс истечения жидкости из подземного трубопровода (положение жиклера 3 на рис. 2 соответствует точке 1 на рис. 1) после отключения аварийного поврежденного участка при следующих условиях:

- соотношение моделируемых и фактических параметров 1:100;
- в качестве грунта использован песок, обладающий наибольшей проницаемостью (по величине коэффициента фильтрации);
- объем жидкости в емкости 2 и соединительном шланге (0,5 л) соответствует средней величине предполагаемой аварийной утечки (50 л) в условиях эксплуатации АЗС, которая рассчитана с учетом удельных аварийных потерь нефтепродуктов  $q=20 \text{ т}/(10^3 \text{ км}\cdot\text{год})$  [9, 10] и средней протяженности трубопроводов – 1,8 км;
- заглублению трубопроводов в грунт на 1–3 м и напору в них – до 60 м на модели соответствует толщина грунта от 0,01 до 0,03 м, начальный уровень столба жидкости  $h_{п} = 0,6 \text{ м}$ .

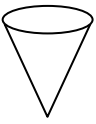
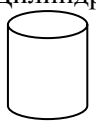
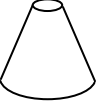



Методикой эксперимента предусматривались следующие операции:

- емкости с песком и жидкостью устанавливались относительно друг друга в соответствии с рис. 2а (позиции 1 и 2);
- емкость с жидкостью очень быстро перемещалась на высоту  $h_{п} = 0,6 \text{ м}$  (рис. 2б), имитирующую напор в трубопроводе в начале аварийного истечения;
- истечение жидкости из емкости в песок продолжалось самопроизвольно, до полного опорожнения емкости 2;
- проводилось визуальное и с помощью видеосъемки наблюдение процесса истечения жидкости из трубопровода в песок;
- осуществлялось измерение диаметра смоченной поверхности песка;
- из емкости 2 извлекался мокрый песок для исследования его формы.

Полученные результаты эксперимента представлены в табл. 2. Анализ данных табл. 2 позволяет сделать предположение, что в общем случае форму смоченного грунта, находящегося над трубой, можно считать цилиндрической. Объем цилиндра с площадью

основания  $2,5 \text{ см}^2$  и высотой  $1,5 \text{ см}$  составляет около  $0,004 \text{ л}$  (примерно  $0,01$  от объема пролитой жидкости). Таким образом, по результатам эксперимента,  $99 \%$  нефтепродуктов при прорыве трубы окажутся ниже горизонтального уровня, соответствующего точке прорыва, не представят прямой пожарной опасности, но будут потенциально опасными при проведении ремонтно-восстановительных работ на разрушенном участке и вблизи его.

Таблица 2. Результаты моделирования аварий на трубопроводе

№ п/п	Высота грунта над поверхностью модели трубопровода $h_{гр}$ , см	Результаты эксперимента		
		площадь пролива жидкости, $\text{см}^2$	характеристики истечения жидкости	форма смоченного грунта
1	1,0	3,0	Образовалось отверстие в грунте диаметром $1 \text{ мм}$ с фонтанированием жидкости	Конус (основанием вверх) 
2	1,5	2,5	Образовалось отверстие в грунте диаметром $1 \text{ мм}$ с фонтанированием жидкости	Цилиндр 
3	2,0	2,0	Образовалось отверстие в грунте диаметром $0,5 \text{ мм}$ , без фонтанирования жидкости	Усеченный конус (большим основанием вниз) 
4	2,5	1,7	Поверхность грунта смочена, без фонтанирования жидкости	Усеченный конус (большим основанием вниз) 
5	3,0	1,0	Поверхность грунта смочена, без фонтанирования жидкости	Усеченный конус (большим основанием вниз) 
6	$>3,5$	0	Поверхность грунта не смочена	Усеченный конус (большим основанием вниз) 

По данным табл. 2 определена закономерность изменения площади пролива  $F_{пр}$  жидкости от высоты грунта  $h_{гр}$  над аварийным трубопроводом (рис. 3). Для точек графика показаны расчетные значения погрешности измеряемых величин при доверительной вероятности  $0,95$ .

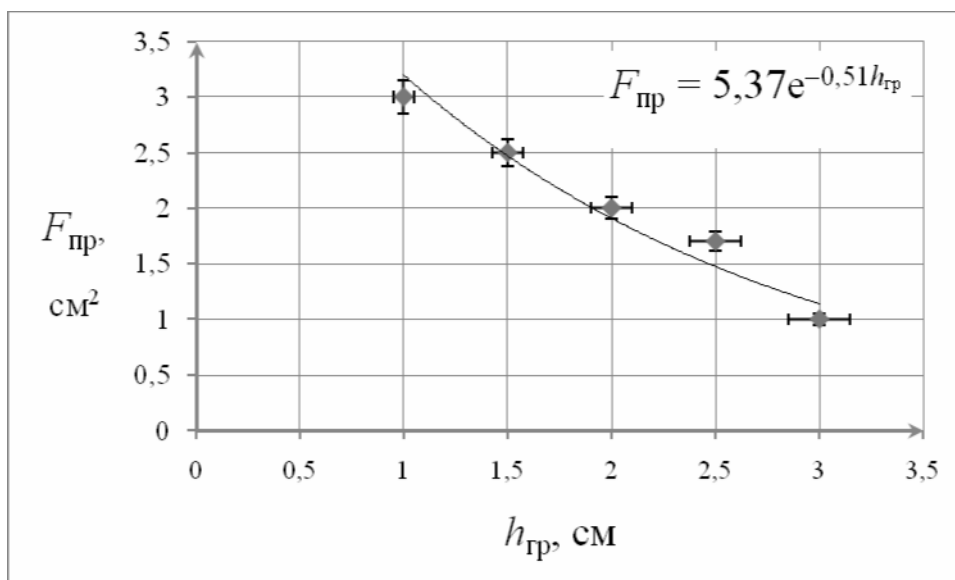


Рис. 3. Зависимость площади пролива  $F_{пр}$  от высоты грунта  $h_{гр}$

Таким образом, смоделированной величине площади пролива размером  $3 \text{ см}^2$  должна соответствовать площадь реального пролива  $3 \text{ м}^2$ , поскольку принятый масштаб геометрического моделирования 1:100 для линейных размеров обеспечивает соотношение площадей модели и натуры 1:10000.

Адекватность полученных результатов моделирования проверена путем пересчета величины площади пролива в соответствии с существующей методикой оценки риска аварий на магистральных нефтепроводах (МН). Согласно ей, при расчете площади загрязнения поверхности земли  $S_3$  ( $\text{м}^2$ ), с учетом мероприятий по сбору разлившейся нефти при авариях на МН, используется формула [8]:

$$S_3 = 53,3 \cdot \left( \frac{M_3}{\rho} \right)^{0,89}, \quad (1)$$

где  $M_3$  – масса (т) потерянной нефти (средняя по различным сценариям аварий), определяемая с помощью вероятностных характеристик, учитывающих в том числе рельеф местности, тип почв и особенности трассы рассматриваемого МН;  $\rho$  – плотность нефти ( $\text{т/м}^3$ ).

Для принятой в расчетах величины потерь нефтепродуктов на АЗС – 50 л (при частоте  $50 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{год}$ ) площадь загрязнения поверхности земли составит:

$$S_3 = 53,3 \cdot \left( 50 \cdot 10^{-3} \right)^{0,89} = 3,71 \text{ м}^2.$$

Сравнение моделируемого ( $F_{пр}=3 \text{ м}^2$ ) и расчетного ( $S_3=3,71 \text{ м}^2$ ) значений площадей дает основание признать их хорошо согласующимися (до 20 %), поскольку результаты расчетов по зависимости (1) не связаны с конкретным значением глубины залегания трубопроводов.

Реальное заглубление магистральных трубопроводов диаметром до 1000 мм проводится, в основном, на уровне 0,8 м (СНиП 2.05.06-85\*, п. 5.1). Экстраполируя график (рис. 3) на величину заглубления 0,8 м, увидим, что ей будет соответствовать площадь натурального пролива  $F_{пр}=3,5 \text{ м}^2$ . Следовательно, разница между ней и рассчитанной по зависимости (1) составит порядка 5 %, что вполне приемлемо по соображениям точности.

На рис. 5 результаты моделирования представлены в безразмерных координатах, что позволило получить удобную для использования в практических расчетах зависимость площади пролива от высоты грунта.

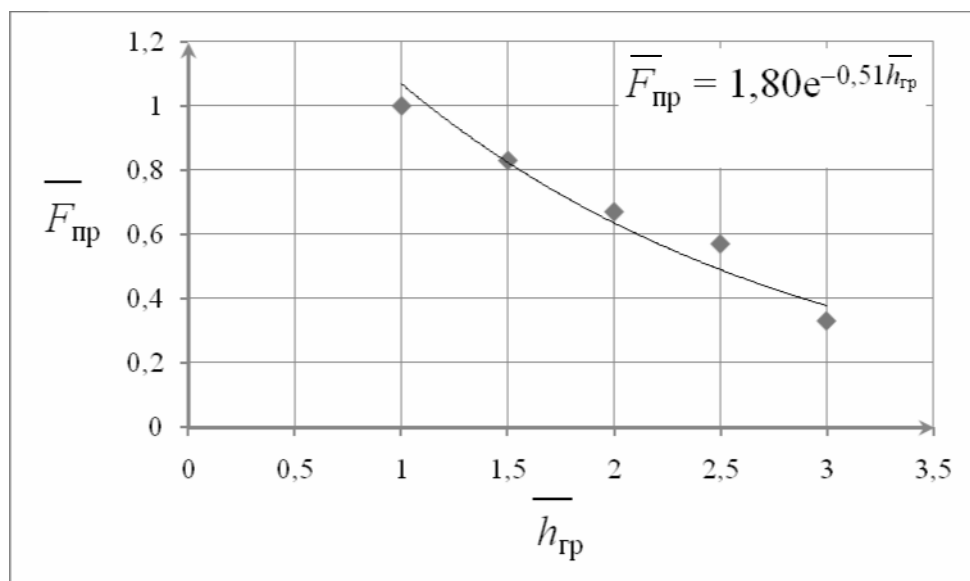


Рис. 5. Зависимость площади пролива  $\bar{F}_{пр}$  от высоты грунта  $\bar{h}_{гр}$  ( $\bar{F}_{пр}$  и  $\bar{h}_{гр}$  определены как отношения экспериментальных значений  $F_{пр}$  и  $h_{гр}$  к их начальным значениям)

Таким образом, экспериментальная оценка площади загрязнения поверхности земли согласуется с действующей методикой [8], что позволяет сделать вывод о возможности использования полученных результатов для прогнозирования величины утечек пожароопасных жидкостей из подземных трубопроводов АЗС.

### Литература

1. ГОСТ Р 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М.: ИПК Издательство стандартов, 2009. 89 с.
2. О промышленной безопасности опасных производственных объектов: Федер. закон Рос. Федерации от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ. 7-е изд., с изм. М.: Научно-технический центр «Промышленная безопасность», 2009. 28 с.
3. Поляков А.С., Медведева О.М., Петраков Г.П. Оценка взрывопожарной опасности технических объектов с обращением нефтепродуктов // Вестник СПб института ГПС МЧС России. 2006. № 1 [12]–2 [13]. С. 28–32.
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (введена в действие приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404). Официальный сайт МЧС России. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mchs.gov.ru/law/index.phpID=8431&sphrose\\_id=1369844](http://www.mchs.gov.ru/law/index.phpID=8431&sphrose_id=1369844) (дата обращения: 01.10.2010).
5. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. Официальный сайт МЧС России. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mchs.gov.ru/law/index.phpID=8431&sphrose\\_id=1586214](http://www.mchs.gov.ru/law/index.phpID=8431&sphrose_id=1586214) (дата обращения: 01.10.2010).
6. ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Официальный сайт МЧС России. [Электронный ресурс]. URL: [http://www.mchs.gov.ru/law/index.phpID=8431&sphrose\\_id=1396691](http://www.mchs.gov.ru/law/index.phpID=8431&sphrose_id=1396691) (дата обращения: 01.10.2010).

7. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. М.: ИНФРА-М, 2008. 150 с.

8. Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах. Сер. 27. Вып. 1. 2-е изд., испр. М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. С. 52–55.

## **ЭЛЕМЕНТЫ ТЕОРИИ ПОДОБИЯ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В НЕКОТОРЫХ ЗАДАЧАХ ТЕПЛООБМЕНА И МАССООБМЕНА**

**И.Л. Данилов, кандидат физико-математических наук, доцент.  
Военный инженерно-технический институт, Санкт-Петербург**

Исследованы возможности использования теории подобия для инженерно-технических задач с большим числом параметров, влияющих на протекание различных процессов и тем самым вызывающих большие затруднения при решении таких задач математическими методами.

*Ключевые слова:* теория подобия, критерии подобия, модель

## **ELEMENTS OF THE THEORY OF SIMILARITY AND THEIR APPLICATION IN SOME PROBLEMS OF HEAT AND MASS TRANSFER**

I.L. Danilov. Military technical-engineering university, Saint-Petersburg

The possibility of using the similarity theory to engineering problems with a large number of parameters that affect the occurrence of different processes and, thus, causing great difficulties in solving such problems by purely mathematical methods.

*Key words:* theory of similarity, similarity criteria, the model

Для решения любой физико-технической задачи существуют два пути – математический и экспериментальный.

В случае теплообмена и массообмена чисто математическое решение задач возможно путем интегрирования дифференциальных уравнений, которые описывают изучаемое явление переноса. Однако такой подход применим лишь для наиболее простых задач с четко заданными условиями однозначности. То есть, однозначно сформулированы частные особенности конкретного процесса переноса тепла или массы: геометрические условия; временные зависимости; граничные условия; физические условия (параметры состояния среды).

Трудности математического решения связаны с влиянием на изучаемые процессы очень большого числа параметров. Например, при конвективном теплообмене (горение дров в печи или обогрев помещения от батареи) коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  представляет собой сложную функцию семи–девяти параметров:

$$\alpha = f(T_{нов}, T_{среды}, \lambda, c_p, \eta, \rho, a, g, \beta),$$

где  $T_{пов}$  – температура горячей поверхности;  $T_{среды}$  – температура окружающей среды;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности среды;  $c_p$  – удельная теплоемкость среды при постоянном давлении;  $\eta$  – коэффициент динамической вязкости среды;  $\rho$  – плотность вещества;  $a$  – коэффициент температуропроводности среды;  $g$  – ускорение силы тяжести;  $\beta$  – коэффициент объемного расширения среды.

В тоже время экспериментальное решение в условиях лаборатории для каждого конкретного объекта провести также не реально из-за их многочисленности. В такой ситуации и приходит на помощь теория подобия физических процессов.

Теория подобия – это теория об условиях подобия физических явлений, которая опирается на учение о размерностях физических величин и служит основой моделирования.

Все физические величины разделяются на размерные (например: масса, длина, время, сила, энергия и другие величины, имеющие единицы измерения) и безразмерные (коэффициент трения, показатель преломления света и тому подобные величины не имеющие единиц измерения). Размерность и единица измерения определяются выбором системы единиц измерения. В любой системе единиц измерения имеется небольшой набор основных единиц измерения, которые выбираются произвольным образом, а все остальные единицы измерения являются производными от основных, то есть выражаются через них.

В настоящее время в качестве международной системы единиц измерения принята система СИ, в которой имеется всего семь основных единиц измерения: длины – метр (м); массы – килограмм (кг); времени – секунда (с); силы тока – ампер (А); температуры – кельвин (К); количества вещества – моль (моль); силы света – кандела (кд). Размерности и единицы измерения всех других физических величин являются производными и получаются из законов физики их связывающих. Например, размерность силы и ее единицу измерения в системе СИ можно вывести из второго закона Ньютона:

$$[F] = [m] \cdot [a] = \frac{[m] \cdot [l]}{[t]^2} = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \equiv 1 \text{ Н} \quad (\text{ньютон}).$$

Теория физического подобия [1] указывает, что нет необходимости изучать опытным путем связь между отдельными существенными для процесса размерными величинами. Оказывается проще найти связь между безразмерными комплексами, составленными из этих размерных величин. Такие безразмерные комплексы называются критериями подобия. При этом количество критериев подобия меньше, чем количество самих размерных физических величин характеризующих изучаемый процесс.

Число критериев подобия  $N_{подобия}$  определяется по формуле:

$$N_{подобия} = n - k,$$

где  $n$  – количество размерных физических величин, характеризующих процесс;  $k$  – наименьшее число основных единиц измерения необходимых для задания размерностей  $n$  физических величин.

В качестве примера рассмотрим задачу на определение гидравлического сопротивления газа или жидкости, протекающей по цилиндрической трубе. Изучаемый процесс характеризуют шесть размерных физических величин ( $n=6$ ):  $R_{гидро}$  (кг/м<sup>2</sup>) – гидравлическое сопротивление;  $l$  (м) – длина участка трубы;  $d$  (м) – диаметр трубы;  $v$  (м/с) – скорость течения среды;  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) – плотность вещества;  $\eta$  (кг/(м·с)) – коэффициент динамической вязкости.

В круглых скобках указаны единицы измерения физических величин в системе СИ. Из анализа размерностей этих величин легко определить, что  $k=3$  (кг, м, с).

Тогда:  $N_{подобия} = n - k = 6 - 3 = 3$ .

То есть для описания изучаемого процесса нужны всего три критерия подобия:  $l/d$  – геометрический критерий подобия;  $Re=(\rho \cdot v \cdot d)/\eta$  – кинематический критерий подобия (число Рейнольдса);  $Eu=R_{гидро}/(\rho \cdot v^2)$  – динамический критерий подобия (число Эйлера).

То есть, вместо решения задачи вида  $R_{гидро}=f(l, d, v, \rho, \eta)$ , которая включает в себя пять аргументов, удалось перейти к уравнению типа  $Eu=f(l/d, Re)$ , в котором имеется всего два аргумента у исследуемой функции [2].

Таким образом, применение теории подобия существенно упростило решаемую задачу. Кроме того, теория подобия указывает, что найденная опытным путем связь между критериями подобия, которая называется уравнением подобия, справедлива не только для тех условий протекания процесса, которые имели место в лаборатории, но и для бесчисленного количества других подобных условий.

Наконец, теория подобия указывает правила построения моделей и опытных образцов, которые обязательно будут подобны между собой.

Критерии подобия разделяют на два вида:

- тривиальные, которые представляют собой отношение однородных физических величин (например, длин или толщин) и характеризующихся коэффициентом пропорциональности или константой подобия ( $l_1=C_l \cdot l_2$ ;  $d_1=C_d \cdot d_2$  и т.д.);

- нетривиальные, которые представляют собой безразмерные комплексы, состоящие из определяющих изучаемый физический процесс параметров (число Рейнольдса, число Эйлера и др.).

Обычно только нетривиальные критерии и называют критериями подобия.

Число нетривиальных критериев подобия тоже можно определить по формуле  $N_{нетрив}=n-k$ , но тогда  $n$  – это число параметров с независимыми (разными) размерностями. В рассмотренном выше примере теперь получим  $n=5$ , так как  $l$  и  $d$  имеют одинаковые размерности длины. То есть  $N_{нетрив}=n-k=5-3=2$ , как и было получено ранее – нетривиальные критерии – это  $Re$  и  $Eu$ .

Критерии подобия, состоящие из физических величин заданных заранее условиями однозначности, называют определяющими (например,  $Re$  в рассмотренном примере). Критерии подобия, содержащие искомую величину, называют неопределяющими ( $Eu$  в рассмотренном примере, так как этот критерий включает в себя искомое гидравлическое сопротивление  $R_{гидро}$ ).

Если уравнения, описывающие рассматриваемое физическое явление, известны, то критерии подобия можно получить, приводя уравнение к безразмерному виду путем введения характерных значений для каждого из определяющих физических параметров в уравнении.

Если уравнения не известны, то критерии подобия подбирают при помощи анализа размерностей, определяющих физические параметры изучаемого процесса. Комбинации критериев подобия тоже являются критерием подобия.

Ниже приведены некоторые критерии подобия, которые чаще других встречаются при решении физико-технических задач, в том числе и по горению.

Гидроаэромеханика:

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot l}{\eta} = \frac{v \cdot l}{\nu} \text{ – число Рейнольдса } (\nu = \eta/\rho \text{ – кинематическая вязкость});$$

$$M = \frac{v}{v_{звук}} \text{ – число Маха};$$

$$Fr = \frac{v^2}{g \cdot l} \text{ – число Фруда};$$

$$Eu = \frac{R_{гидро}}{\rho \cdot v^2} \text{ – число Эйлера.}$$



Теплообмен и массообмен в газах, жидкостях и твердых телах:

$$Pr = \frac{\nu}{a} = \frac{\eta \cdot c_p}{\lambda} - \text{число Прандтля};$$

$$Nu = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda} - \text{число Нуссельта};$$

$$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot l^3 \cdot \Delta T}{\nu^2} - \text{число Грассгофа};$$

$$Pe = \frac{\nu \cdot l}{a} - \text{число Пекле } (Pe=Pr \cdot Re);$$

$$St = \frac{\alpha}{\rho \cdot c_p \cdot \nu} - \text{число Стэнтона } (St=Nu/Pe);$$

$$Fo = \frac{a \cdot t}{l^2} - \text{число Фурье};$$

$$Sh = \frac{\nu \cdot t}{l} - \text{число Струхалия}.$$

Если физические процессы А и В подобны друг другу, то одноименные критерии подобия этих процессов имеют одинаковую величину:  $Re_A=Re_B$ ,  $Nu_A=Nu_B$  и так далее.

Теперь рассмотрим в качестве примера решения уравнений нестационарной теплопроводности и диффузии для двух конкретных задач [3]. Причем, во втором случае применим методы теории подобия для получения необходимых зависимостей без точного аналитического решения.

Задача 1. Пусть в начальный момент времени  $t=0$  температура во всем пространстве ( $0 \leq r < \infty$ ) была постоянной и равной  $T_o$ . Затем, в начале координат в точке  $r = 0$  мгновенно выделилось количество теплоты  $Q$  (то есть произошел, так называемый, адиабатный взрыв топлива – вспышка или искра). Эта теплота будет распространяться в окружающей среде так, что в каждый момент времени суммарное количество теплоты в пространстве будет равно выделившейся при вспышке топлива. Требуется определить зависимость температуры среды от расстояния и времени  $T=f(r,t)$ ; момент времени  $t_{max}$ , когда в данной точке пространства достигается максимальная температура  $T_{max}$ , и величину этой температуры.

Задача имеет сферическую симметрию относительно точки  $r=0$ . Количество тепла  $\delta Q$ , пришедшее в элементарный объем  $dV=4\pi r^2 \cdot dr$  между двумя сферическими поверхностями радиусами  $r$  и  $(r+dr)$ , равно:

$$\delta Q = c \cdot dm \cdot dT = c \cdot \rho \cdot dV \cdot dT = c \cdot \rho \cdot 4\pi \cdot r^2 \cdot dr \cdot dT,$$

где  $c$  – удельная теплоемкость среды;  $\rho$  – плотность среды.

После интегрирования по всему объему пространства получим уравнение:

$$c \cdot \rho \cdot \int_0^{\infty} (T(r,t) - T_o) \cdot 4\pi \cdot r^2 \cdot dr = Q.$$

Так как изучаемый процесс содержит не слишком много параметров, то аналитический вид решения найти не трудно. Решение уравнения нестационарной теплопроводности в заданных условиях имеет вид (правильность решения легко проверить простой подстановкой решения в уравнение):

$$T(r,t) = T_0 + \frac{Q}{c \cdot \rho \cdot (4\pi \cdot a \cdot t)^{3/2}} \cdot \exp\left(-\frac{r^2}{4 \cdot a \cdot t}\right),$$

где  $a$  – коэффициент температуропроводности среды.

Примерный вид графических зависимостей  $T=f(r,t)$  в различные моменты времени  $0 < t_1 < t_2 < t_3$  приведен на рисунке.

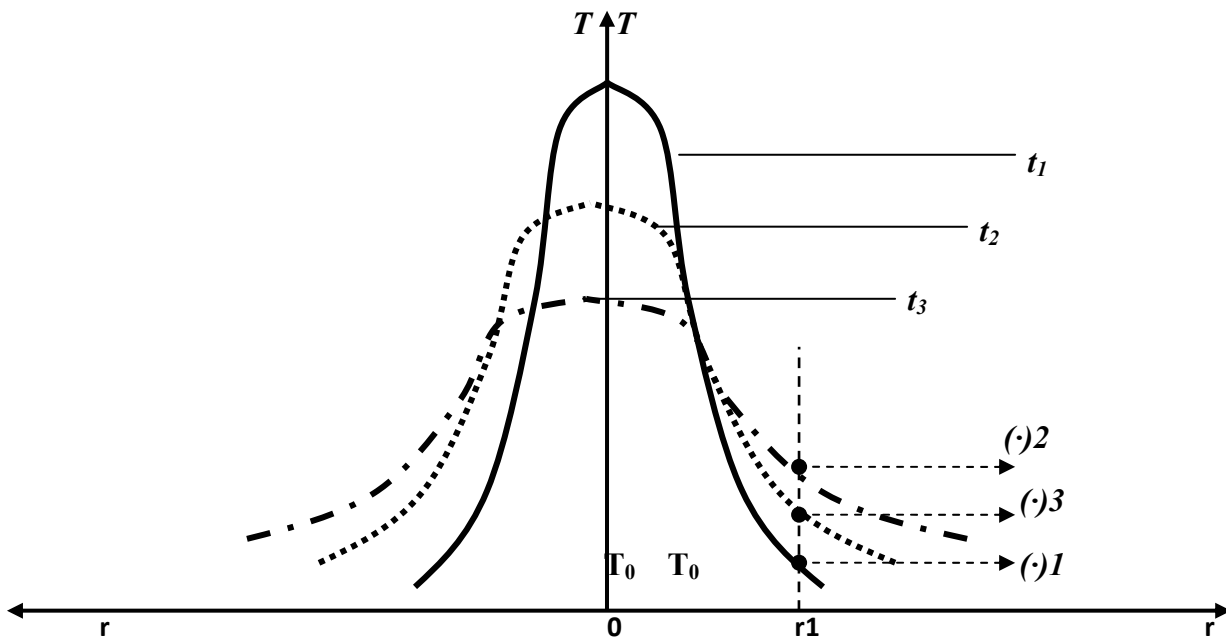


Рис. Распределение температуры в пространстве в разные моменты времени

Из графиков на рисунке видно, что начальный тепловой импульс распространяется по всему пространству. На некотором расстоянии  $r=r_1$  от источника теплового взрыва температура со временем сначала повышается – (1), затем достигает наибольшего значения – (2), и после этого понижается – (3), стремясь к начальному значению  $T_0$ .

Если взять производную по времени  $t$  от функции  $T=f(r,t)$  и приравнять ее нулю, то можно определить момент времени  $t_{max}$ , когда температура  $T$  достигает максимума на данном расстоянии  $r$  от источника тепла.

Соответствующий расчет дает: 
$$t_{max} = \frac{r^2}{6a}.$$

Если подставить значение  $t_{max}$  в выражение для функции  $T=f(r,t)$ , то получим формулу для расчета максимальной температуры  $T_{max}$ , которая может быть достигнута в точке пространства на расстоянии  $r$  от начала координат после теплового взрыва:

$$T_{max}(r, t_{max}) = T_0 + \frac{Q}{c \cdot \rho \cdot (2\pi/3)^{3/2} \cdot r^3} \cdot \exp(-3/2).$$

Таким образом, поставленная задача полностью решена – найдены распределение температуры в пространстве и времени в аналитическом виде.

Задача 2. Пусть сферическая частица радиусом  $R$  сделана из материала, который имеет плотность  $\rho$ , удельную теплоемкость  $c$ , коэффициент теплопроводности  $\lambda$ . Частица имеет повсюду внутри себя постоянную температуру  $T_o$ . В начальный момент времени  $t=0$  частица погружена в среду, температура которой поддерживается постоянной и равной  $T_n$ . Нужно определить распределение температуры внутри частицы в зависимости от времени в каждой ее точке  $T(r,t)=?$ .

Задача имеет граничные условия  $T(R,t)=T_n=const$ .

Математическое решение данной задачи существенно сложнее первой. Прогрев частицы  $T(r,t)$  будет зависеть от параметров задачи. Для каждой из огромного множества комбинаций значений шести физических величин вид решения может быть различным  $T=f(R,\rho,c,\lambda,T_o,T_n)$ .

Однако, можно значительно упростить задачу, если применить методы теории подобия. Для этого введем сначала безразмерные относительные координаты и характеристику разогрева частицы:  $\xi = \frac{r}{R}$  – геометрический критерий подобия;

$\theta(\xi,t) = \frac{T - T_o}{T_n - T_o}$  – температурный критерий подобия.

После их подстановки в уравнение нестационарной теплопроводности в сферически симметричном случае получим:

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{a}{R^2} \cdot \frac{1}{\xi^2} \cdot \frac{\partial}{\partial \xi} (\xi^2 \cdot \frac{\partial \theta}{\partial \xi}).$$

Граничные условия (условия однозначности) примут вид:  $\theta(\xi,0)=0$  – если  $t=0$ , то  $T=T_o$  внутри частицы при любых значениях  $r$ :  $0 \leq r \leq R$ ;  $\theta(1,t)=1=const$  – если  $r=R$ , то  $T=T_n$  все время;  $\left. \frac{\partial \theta}{\partial \xi} \right|_{\xi=0} = 0$  – условие полного прогрева частицы – при  $r=0$   $\theta = const$ .

Очевидно, что в граничных условиях уже не содержится параметров частицы или среды. В уравнение входит лишь один размерный параметр  $[a/R^2]=1/c$ . Это означает, что для разных частиц одинаковой сферической формы, имеющих равные значения отношения  $a/R^2$ , в сходственных точках, то есть при одинаковых значениях  $\xi=r/R$ , в один и тот же момент времени  $t$  относительные разогревы  $\theta$  будут совпадать.

Но можно ввести и третий критерий подобия  $\varphi$  – временной, который, как не трудно будет заметить, совпадает с числом Фурье:

$$\varphi = \frac{a \cdot t}{R^2} \equiv Fo.$$

Тогда из уравнения теплопроводности полностью исчезнут все параметры, и оно примет вид уравнения подобия для нестационарной теплопроводности:

$$\frac{\partial \theta}{\partial \varphi} = \frac{1}{\xi^2} \cdot \frac{\partial}{\partial \xi} (\xi^2 \cdot \frac{\partial \theta}{\partial \xi}).$$

Решение уравнения должно иметь вид  $\theta=f(\xi,\varphi)$  или  $\theta=f(\xi,Fo)$ , где  $f(\xi,Fo)$  – универсальная функция, одинаковая для всех комбинаций исходных параметров. Если найти ее вид аналитически или из опытов для какой-нибудь одной частицы, то можно определить температурный ход в сходственных точках  $\xi_1=\xi_2$  и в сходственные моменты времени  $Fo_1=Fo_2$  для любой другой частицы с иными исходными параметрами.

В частности представляет интерес оценка времени  $t_o$ , по истечении которого в центре частицы (а тем более во всех других ее точках), относительный разогрев будет отличаться от конечного  $\theta(0,\infty)=1$  (то есть  $T=T_n$ ) не более чем на 5 %. Относительное время такого прогрева  $\varphi_o$  определяется из условия  $f(0,\varphi_o)=0,95$ , что в конечном итоге дает для рассматриваемого случая следующие значения:

$$\varphi_o \cong 0,1 \quad \text{и} \quad t_o = 0,1 \cdot R^2/a.$$

С точки зрения теории подобия в задаче 2 температура разогрева зависела от шести параметров  $T=f(T_o, T_n, R, c, \rho, \lambda)$ , то есть всего семи размерных физических величин. Размерности этих семи величин образуются из четырех основных единиц измерения системы СИ: м, кг, с, К. Тогда число критериев подобия, необходимых для решения задачи 2 равно:  $N_{\text{подобия}} = n-k=7-4=3$ . Именно так и получилось в ходе приведенных выше рассуждений:  $\xi$  и  $Fo$  – определяющие критерии подобия, а  $\theta$  – неопределяющий критерий подобия, так как содержит искомую температуру разогрева  $T$ .

#### **Литература**

1. Гухман А.А. Введение в теорию подобия. 2-е изд. М., 1973.
2. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд. М., 1987.
3. Шорин С.П. Теплопередача. 2-е изд. М., 1964.

## **СОВРЕМЕННЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ЭКСПЕРТИЗ**

**С.О. Шульгин, кандидат технических наук.**

**Научно-исследовательская лаборатория экспертно-криминалистического центра МВД России.**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены три главных направления в рентгеновских методах исследований объектов в пожарно-технической экспертизе. Приведены главные аналитические и практические результаты, полученные в научно-исследовательской работе. Проанализированы результаты применения рентгеновских методов в пожарно-технической экспертизе. Предложен ряд прикладных исследований объектов для пожарно-технической экспертизы.

*Ключевые слова:* пожарно-техническая экспертиза, рентгеновские методы исследований, техническая причина возникновения пожара

## THE MODERN X-RAY METHODS OF INVESTIGATIONS DURING THE FIRE-TECHICAL FINDINGS

S.O. Shulgin. Scientific research laboratory of criminal expertise centre of Ministry of the Interior of Russia.

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

Three main directions in X-ray methods of investigations of the objects in fire-technical finding were shown in this work. The main analytic and practical results exceeded in the research work were adduced by the authors'. The matter of the results in the employment of X-ray methods in fire-technical finding was analyzed by the authors. The line of applied researches of the objects for the fire-technical finding offered in this work.

*Key words:* fire-technical finding, X-ray methods of investigations, the technical cause of origin of fire

Известно, что расследование происшествий, связанных с пожарами, представляет значительную сложность в силу специфики самого явления пожара, несущего реальную опасность уничтожения следовой информации об обстоятельствах его возникновения и развития. Огонь, как никакая другая сила, способен уничтожить те материальные следы, исследование которых могло бы дать возможность реконструировать событие пожара и таким образом выявить все необходимые элементы предмета доказывания, характеризующие способ совершения правонарушения [1].

Проведенный всесторонний анализ ситуации, сложившейся вокруг проведения пожарно-технических экспертиз (ПТЭ), а также осмотров мест пожаров показывает, что сейчас единственным решением для повышения качества их проведения и минимизации потерь криминалистически значимой информации является разработка и широкое внедрение в практическую деятельность специальных технических средств и методов. Данные разработки должны предназначаться, в первую очередь, сотрудникам экспертно-криминалистических подразделений органов внутренних дел (ЭКП ОВД) и судебно-экспертных учреждений Федеральной противопожарной службы (СЭУ ФПС) МЧС России. При этом необходимо особо отметить, что применение научно-обоснованных методов исследования любых вещественных доказательств (ВД) резко повышает доказательную силу выводов экспертов ввиду объективности полученных результатов.

Основное отличие ПТЭ от других видов криминалистических экспертиз заключается в том, что в качестве объектов исследования выступают самые разнообразные материалы, вещества и изделия. При этом они могут находиться как в исходном, так и в измененном под действием пожара состоянии (обугленном, оплавленном, деформированном и т.п.).

В настоящее время при исследовании объектов криминалистических экспертиз в целях получения наиболее полной информации о фактических данных, имеющих значение для органов дознания, следствия и суда применяется комплекс физико-химических методов (эмиссионный спектральный анализ, атомно-абсорбционный анализ, хроматография, масс-спектрометрия, растровая электронная микроскопия, металлография и т.д.). При этом наибольшую ценность представляют методы, позволяющие сохранить ВД для дальнейшего исследования в исходном состоянии. В первую очередь к ним относятся методы, основанные на рентгеновском микро- и макроанализе, с помощью которых возможно определение состава, строения и структуры изучаемых объектов без физико-химических и механических изменений последних.

Рентгеновские методы исследования (РМИ) – это совокупность разнообразных методов исследования веществ, в которых используется рентгеновское излучение. Рентгеновский анализ является универсальным инструментальным неразрушающим методом

анализа, предоставляющим информацию о внутреннем устройстве, структуре, о химическом составе кристаллических материалов, о количестве компонентов, из которых они состоят, об их взаимосвязи и расположении.

В настоящее время в экспертно-криминалистическом центре МВД России (ЭКЦ МВД России) совместно с исследовательским центром экспертизы пожаров Федерального государственного учреждения «Всероссийский ордена «Знак почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» МЧС России (ИЦЭП ФГУ ВНИИПО МЧС России) выполняется научно-исследовательская работа (НИР) «Применение рентгеновских методов в пожарно-технической экспертизе». Ниже приведены основные аналитические и практические результаты, полученные в результате выполнения данной НИР, а также направления дальнейших работ в этой области.

К основным РМИ, которые целесообразно использовать в ПТЭ, следует отнести:

- рентгеноструктурный анализ (РСА);
- рентгенофлуоресцентный анализ (РФА);
- рентгеновскую интроскопию (РИ).

РСА позволяет исследовать изменения в структуре веществ на наноуровне, а также устанавливать химический состав исследуемых объектов. РФА предназначен для установления элементного состава веществ как качественно, так и количественно. РИ служит для изучения внутреннего содержания и устройства различных объектов.

Во второй половине прошлого века было предложено использование в экспертной практике рентгеновских методов для исследования различных объектов, изымаемых с мест происшествий и преступлений [2]. Однако РМИ вошли в экспертную практику весьма узко по причине нехватки специального оборудования, дороговизны и сложности рентгеновских установок, а также отсутствия на местах специалистов, имеющих соответствующие образование и профессиональную подготовку.

За последнее десятилетие в рентгеновской дифрактометрии, спектрометрии и интроскопии произошли значительные изменения. Усовершенствован процесс возбуждения рентгеновского излучения, появились вращающийся анод, микрофокусная трубка, сконструированы новые виды детекторов, усовершенствована рентгеновская оптика. Практически все современные установки снабжены системами, обеспечивающими регистрацию полученных данных и их скоростную обработку на компьютере.

Следует отдельно отметить, что уже на протяжении нескольких последних лет различными видами рентгеновского аналитического оборудования экспертные подразделения оснащаются централизованно. К ним следует отнести:

- комплекс рентгеновский просвечивающий *КРП-01* «Сатурн», предназначенный для визуализации внутреннего устройства ВД методом рентгеновского просвечивания (методы РИ);
- энергодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектрометры *Oxford ED2000* и *СУР-02* «Реном ФВ», предназначенные для высокоточного неразрушающего элементного анализа широкого круга твердых, порошкообразных и жидких материалов (методы РФА);
- малогабаритные рентгеновские дифрактометры *СУР-01* «Реном» и *ДР-01* «Радан», предназначенные для исследования материалов, имеющих кристаллическую структуру (методы РСА).

Для более эффективного использования этой техники следует разрабатывать и внедрять методики решения прикладных задач ПТЭ. Анализ проведения пожарно-технических экспертиз и исследований в системах ЭКП МВД России и СЭУ ФПС МЧС России свидетельствует о недостаточной методической обеспеченности практических экспертных подразделений в области инструментальных методов исследования ВД. Это же относится и к рентгеновским методам исследования ВД. В основном в экспертных подразделениях, даже оснащенных современным рентгеновским оборудованием, в лучшем случае реализуется одна единственная практическая методика, разработанная еще в 80-х гг. прошлого века: установление причастности к возникновению пожара электрических проводников со следами короткого замыкания (КЗ) [3, 4].

В настоящее время можно выделить три основных направления исследования объектов ПТЭ РМИ:

- установление места первоначального возникновения горения (очага пожара);
- установление технической причины возникновения горения;
- установление факта нарушения правил пожарной безопасности (ППБ).

Основным вопросом ПТЭ является установление технической причины возникновения горения. Однако установить причину правильно, можно только в том случае, если точно установлен очаг пожара. Установление места расположения очага – важнейшая и первоочередная стадия в исследовании пожара. Без установления очага работа по выявлению причины пожара обречена на долгие и малоэффективные поиски [5, 6]. Методика установления очага пожара по визуальным признакам изложена в монографии Б.В. Мегорского [7], являющейся основным учебным и методическим пособием каждого пожарно-технического эксперта. Однако крупные и развившиеся пожары, установление причин которых чрезвычайно важно, характеризуются полным уничтожением визуальных очаговых признаков. В таком случае на помощь экспертам приходят инструментальные методы и средства, позволяющие выявить скрытые очаговые признаки. Под скрытыми очаговыми признаками понимаются изменения в структуре и свойствах материалов, веществ и изделий, возникшие в ходе воздействия пожара, которые невозможно выявить визуально, а только с помощью специальных приборов и оборудования. Методика установления очага пожара по скрытым очаговым признакам аналогична установлению очага по визуальным признакам.

После установления очага пожара приступают к проведению «раскопок» в его зоне. Зачастую после проведения таких раскопок извлекаются весьма разнообразные объекты. Такие объекты находятся в сильно искаженном состоянии. Поэтому для установления технической причины возникновения пожара необходимо ответить на два основных вопроса:

- что это за объект?
- существуют ли в данном объекте признаки, которые могли привести к возникновению горения?

Ответу на эти вопросы в значительной степени должны помочь РМИ. На разрешение ПТЭ в подавляющем большинстве случаев следственными органами и судом ставится вопрос: «Какие ППБ были нарушены в процессе эксплуатации (проектирования, строительства) объекта?». Как и в случае с очагом пожара, может возникнуть необходимость применения специальных технических средств для фиксации определенных нарушений, особенно в случае сильного термического поражения объекта.

### **Исследование окалины**

Термическое воздействие пожара на изделия, выполненные из металлов и сплавов, приводит к определенным необратимым изменениям в их структуре, свойствах и составе. Фиксация этих изменений методом РСА позволяет установить величину тепловых нагрузок на металлические изделия и конструкции, воздействовавшие на них при пожаре. Такая информация используется в процессе установления очага пожара. Исследование основано на том, что на поверхности металлов при температуре 700° С и выше с заметной скоростью появляются плотные слои окалины, которые состоят из трех оксидов железа: гематита ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), вустита ( $\text{FeO}$ ) и магнетита ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ). Толщина окалины связана с температурой и длительностью нагрева. Состав окалины зависит лишь от температуры нагрева: чем выше температура нагрева конструкций, тем больше в окалине содержится вустита и меньше гематита. Метод РСА позволяет фиксировать однозначно количественные изменения содержания в окалине всех трех составляющих ее оксидов, так как структуры оксидов имеют существенные различия. Для определения фазового состава окалины используется метод прямого сравнения, основанный на том, что интегральная интенсивность дифракционного максимума пропорциональна объемному содержанию присутствующей фазы и определяется как площадь, ограниченная данным дифракционным максимумом. Метод отличается простотой и даёт достаточно воспроизводимые результаты [5, 8].

## Исследования неорганических строительных материалов

Большую ценность для установления очага пожара представляют неорганические строительные материалы, так как они относятся к негорючим материалам и в подавляющем числе случаев остаются на месте пожара. Наиболее распространенные на месте пожара каменные искусственные неорганические строительные материалы применительно к задачам исследования и экспертизы пожаров можно разделить на две группы [5, 8]:

- материалы, изготовленные обжиговым методом;
- материалы, изготовленные безобжиговым методом.

Для решения задач ПТЭ в области установления очага пожара представляют ценность только безобжиговые неорганические строительные материалы (БНСМ). Такие материалы не подвергаются отжигу в заводских условиях и, соответственно, имеют в своем составе связанную в химических соединениях воду. К БНСМ относятся бетоны и железобетоны, а также материалы на основе извести и гипса. БНСМ являются достаточно информативными объектами визуального и инструментального исследования после пожара. Термическое воздействие на БНСМ приводит к уменьшению в них количества связанной воды (происходят определенные необратимые изменения в компонентном составе, структуре и свойствах БНСМ в результате разных физико-химических процессов, таких как: дегидратация, декарбонизация, разрушение одних фаз и образование других и т.п.) [9, 10]. Такое уменьшение идет тем интенсивнее, чем выше была температура и длительность нагрева. Исследуя степень прохождения таких изменений, в принципе можно устанавливать степень термического поражения, величина которой используется при установлении очага пожара.

РСА должен позволить решить весьма сложную задачу определения фазового состава не только бетона и железобетона, но и практически всей гаммы материалов на основе цемента и извести в любой степени термической деструкции. Особенно важно то, что существует принципиальная возможность исследования БНСМ в зонах их значительных разрушений, где из-за имеющихся макротрещин и повышенной хрупкости нет возможности провести традиционное ультразвуковое исследование [5, 8].

Рентгеновское исследование БНСМ основано на изменении фазового состава от величины и времени воздействия высоких температур. Поисковые исследования показали, что в качестве аналитической линии можно выбрать интенсивный максимум на рентгенограмме с  $d/n=3.02$  ангстрем (один ангстрем равен  $10^{-10}$  м), интенсивность которого с увеличением температуры нагрева в сравнении с максимумом оксида кремния (4,24 ангстрем) постепенно снижается до нуля.

Помимо решения задачи установления очага пожара, РМИ могут быть использованы и при установлении факта нарушений ППБ при устройстве печного отопления. Внутренняя поверхность топок печей должна быть выложена из огнеупорного кирпича. В некоторых случаях, в большей части из-за халатности при строительстве топок, применяют обычный кирпич. В результате интенсивного воздействия раскаленных продуктов горения в обычном кирпиче образуются трещины, происходит прорыв раскаленных печных газов за пределы печи. Нередко такая ситуация служит причиной возникновения пожара.

Основным отличием огнеупорного от неогнеупорного кирпича служит наличие в его составе оксида алюминия –  $Al_2O_3$ . Его содержание в зависимости от марки огнеупорного (шамотного) кирпича может варьироваться от 28 до 33 %. Присутствие  $Al_2O_3$  обеспечивает огнеупорность шамотного кирпича [11].

Результаты исследования элементного состава различных кирпичей методом РФА показали возможность их дифференциации по количеству алюминия. Исследовались наиболее часто используемые в печном деле кирпичи: силикатный, керамический и шамотный. Алюминий в пробе силикатного кирпича отсутствует. Содержание алюминия в керамическом кирпиче – порядка 3–6 %, в шамотном кирпиче – 10–16 %. Эти факты



позволяют выбрать в качестве дифференцирующего критерия, позволяющего отличать формованные строительные материалы, выдерживающие высокие температуры, от строительных материалов, не обладающих огнеупорностью, количественное содержание алюминия.

### **Исследование внутреннего содержания объектов**

Метод исследования, который при помощи рентгеновских лучей позволяет получить изображение внутреннего строения (содержания) объекта называют рентгеноскопией или методом РИ. При РИ объект помещают между источником возникновения рентгеновских лучей (рентгеновской трубкой) и приемником рентгеновского излучения, формирующим теневое рентгеновское изображение.

Одним из основных этапов исследования тех или иных ВД при производстве ПТЭ является визуальный осмотр (ВО). На данной стадии исследования решается ряд важных экспертных задач. От качества проведения ВО в большой степени зависит весь дальнейший анализ, и, соответственно, выводы экспертного заключения. На начальной стадии ВО производится классификация представленного на исследование объекта. Необходимо определить, к какому типу изделий относится исследуемый объект. Кроме того, исследуемое изделие может являться частью какого-либо устройства, прибора и т.п. В этом случае необходимо установить принадлежность объекта исследования к тому или иному типу устройства. Требуется также, по возможности, установить марку устройства. В экспертном заключении отмечается, по каким именно признакам это было установлено. Как показывает практика проведения ПТЭ, зачастую в процессе ВО такую классификацию провести невозможно (в основном, вследствие сильных термических или механических разрушений объектов). Особенно это относится к объектам, извлеченным из очаговой зоны пожара, исследование которых чрезвычайно важно, так как от него зависит основной вывод ПТЭ – техническая причина возникновения пожара. Производить механическую разборку таких объектов сразу весьма нежелательно, так как существует возможность исказить их внутреннее содержание и не обнаружить следов аварийной работы. В этом случае на помощь приходит метод РИ.

Помимо идентификации термически деструктированных объектов метод РИ помогает устанавливать следы протекания аварийных процессов в отдельных электротехнических изделиях. Так, проведенные исследования показали его эффективность при изучении внутреннего содержания трубчатых нагревательных элементов, автоматических выключателей и плавких предохранителей.

Полезно использование РИ и при исследовании электрических проводников. Такое исследование необходимо производить с целью установления следов КЗ на поверхности проводника. Как и в случаях исследований, описанных выше, электрические проводники после пожара представляют собой обугленную и оплавленную массу, состоящую из сгоревшей изоляции, оплавившихся пластмассовых коробов, налипшего пожарного мусора и т.п. Удаление этого мусора механическим путем с целью очистки токопроводящих жил может привести к уничтожению следов КЗ, обычно заключающихся в появлении маленьких металлических шариков по длине жилы, следов эрозии металла жилы и т.п. [5, 12–14].

### **Исследование бытовых пиротехнических изделий (БПИ)**

Одним из актуальных направлений при производстве ПТЭ на сегодняшний день является установление причастности к возникновению пожаров БПИ. В настоящее время интерес к фейерверкам постоянно растет. Их стали использовать не только при встрече Нового года, но часто и на обычных народных гуляниях, свадьбах, юбилеях. Фейерверки можно приобрести в свободной продаже, что обуславливает массовость их применения. За последние годы в стране участилось количество пожаров, в том числе крупных, причиной

которых стало либо несоблюдение мер предосторожности при использовании БПИ, либо применение некачественной пиротехнической продукции. Особо стоит отметить трагедию, произошедшую в ночь на 5 декабря 2009 г. в пермском клубе «Хромая лошадь» из-за использования пиротехнических изделий. Пожар в этом клубе привел к гибели более 150 человек. Проведенная пожарно-техническая экспертиза по этому делу показала недостаточную методическую обеспеченность в области исследования БПИ по делам о пожарах. В настоящий момент в ПТЭ отсутствует общепринятая методика обнаружения после пожара следов работы пиротехнических изделий, в частности, фейерверочных фонтанов.

Проведенные исследования показали возможность использования метода РФА при поиске следов некоторых БПИ (в первую очередь пиротехнических фонтанов), которые в принципе могут использоваться внутри помещений и ввиду этого представляют повышенную пожарную опасность.

Критерием наличия следов работы пиротехнических фонтанов является одновременное присутствие в рентгенофлюоресцентном спектре набора следующих элементов: K, Cl, Ba и Sr. Помимо данных элементов в спектре могут также присутствовать: S, Ti, Mn, Fe, Cu, Zn, Pb. Отдельно стоит отметить цвет пламени при горении пиротехнических составов, что особенно важно для инструментального подтверждения свидетельских показаний. Так, желтый цвет пламени образует атомарное излучение натрия. Красное пламя создается введением в состав соединений стронция. Зеленое пламя получается чаще всего при использовании соединений бария. Синее пламя получают почти исключительно на основе излучения монохлорида меди.

Максимальный радиус разлета сгоревших компонентов большинства пиротехнических фонтанов составляет от 0,5 до 1,5 м. Сгоревшие компоненты представляют собой мелкие частицы, размер которых не превышает десятые доли миллиметра, что делает практически невозможным их обнаружение невооруженным глазом. Наиболее эффективный радиус поиска следов работы пиротехнического фонтана – не более 0,3 м от места его работы. Максимальная высота выброса искр большинства пиротехнических фонтанов составляет 2–2,5 м.

### **Исследование электротехнических изделий**

Трубчатые нагревательные элементы (ТЭН) используются в качестве нагревательных элементов во многих бытовых и промышленных приборах, таких как стиральные и посудомоечные машины, бойлеры, электрочайники, электроутюги и т.п. При работе ТЭНа в нештатном режиме (выкипания жидкости или длительного контакта со сгораемой поверхностью) возможно возникновения пожара. К сожалению, такие случаи достаточно распространены. Для установления причастности нагревательного прибора к возникновению горения необходимо проведение инструментального исследования. Проведенный анализ литературных источников показал, что наиболее эффективным методом для этого может быть рентгеновская интроскопия, с помощью которой должен производиться поиск разрушенного участка спирали ТЭНов [12–14]. В дальнейшем, по состоянию изоляционного материала в окрестности разрыва можно сделать вывод об аварийном режиме работы ТЭНа.

Основываясь на результатах проведенных предварительных исследований можно сделать вывод о том, что с помощью метода РИ можно анализировать ТЭН с корпусом из любого материала – латунь, медь, сталь углеродистая, сталь нержавеющая. Алюминий не включен в этот список по причине отсутствия необходимости его просвечивания – алюминиевая оболочка ТЭНа практически полностью разрушается в процессе пожара, открывая доступ к периклазу. Основную роль при получении четкого изображения спирали играет не материал, из которого выполнена трубчатая оболочка ТЭНа и ее толщина, а диаметр спирали. Очень тонкая спираль практически не просматривается на рентгеновском снимке, даже при проведении его дополнительной компьютерной обработки.

Экспертный анализ устройств защиты электросетей жилых и промышленных зданий и сооружений является одним из неотъемлемых этапов исследования при проведении экспертиз по делам о пожарах. Основной задачей эксперта при анализе электрических автоматических выключателей (автоматов) на месте пожара является определение их состояния: «включено», «отключено», «автоматически отключено». Это становится затруднительным при расплавлении корпуса пластмассового выключателя за счет теплового воздействия огня (автомат также может перейти в положение «автоматически отключено» при внешнем тепловом воздействии). Разборка корпуса автомата может привести к изменению положения деталей электрического расцепителя и, как следствие, к утративанию важных криминалистических признаков. Исследования показали, что метод РИ позволяет провести исследование внутреннего строения автомата защиты без его разрушения. Кроме того, по внутренним деталям автомата можно определить его номинальный ток срабатывания, что может быть использовано при экспертном анализе электросети.

В дальнейшем планируется провести ряд прикладных исследований, которые кратко описаны ниже. Исследования будут производиться на оборудовании, стоящем на вооружении ЭКП ОВД и СЭУ ФПС.

1. Разработать методику обнаружения следов наличия огнезащитной пропитки на органических материалах (ткани, древесины). Органический носитель рентгеноаморфен и не дает пиков на рентгенограммах, а неорганическая составляющая пропитки представляет собой кристаллическое вещество и, вследствие этого, может дать характерные пики на рентгенограмме. Возможно выделение химических элементов, характерных для пропиток и в случае применения РФА. Решение данного вопроса представляет интерес для установления факта нарушения ППБ на объекте, где произошел пожар.

2. Расширить номенклатуру исследуемых электротехнических объектов методами РИ и РФА. Исследования представляют интерес в области установления причастности их к возникновению пожара. Отдельно планируется изучение внутреннего устройства электрических автоматов. В настоящее время в России и за рубежом выпускается достаточно широкий ассортимент устройств защиты электросетей. По этой причине планируется разработать специализированную базу данных (БД) устройств автоматического отключения. В такую базу будут включены фотоснимки и рентгеновские снимки автоматов в различном состоянии, их электрические и геометрические параметры, типы расцепителей и т.д. Для создания БД необходимо будет решить следующие задачи:

- провести аналитический обзор по автоматам;
- определить круг автоматов, наиболее часто применяемых в жилых и промышленных зданиях и сооружениях;
- провести съемку автоматов в различных функциональных состояниях на рентгеновской просвечивающей установке КРП-01 «Сатурн»;
- разработать структуру БД и сформировать ее первую редакцию.

Проведенные исследования в области применения РМИ в ПТЭ показали их эффективность при решении важных прикладных задач, часто встречающихся в практической работе пожарно-технических экспертов и специалистов. Следует признать данное направление перспективным и развивать его в дальнейшем.

Особо следует обратить внимание на новые разработки сотрудников органов дознания и следствия. Им рекомендуется выяснить, какие технические средства для реализации РМИ находятся в их региональных ЭКП ОВД и СЭУ ФПС с целью активного изъятия под них соответствующих вещественных доказательств с мест пожаров (в случае отсутствия в регионе оборудования для РМИ необходимо передавать ВД в базовые ЭКП или в ЭКЦ МВД России). В свою очередь, руководители региональных ЭКП ОВД и СЭУ ФПС должны активно информировать руководителей следственных подразделений и органов дознания своих регионов об имеющейся в их распоряжении специальной технике и ее возможностях в области экспертных исследований, а также организовывать регулярные занятия по новым

криминалистическим методам и средствам в рамках проведения служебной подготовки со следователями и дознавателями ОВД и ФПС.

### **Литература**

1. Попов И.А. Расследование пожаров: Правовое регулирование. Организация и методика: учеб. пособ. М.: Учебно-консультационный центр «ЮрИнфоР», 1998.
  2. Россинская Е.Р. Рентгеноструктурный анализ в криминалистике и судебной экспертизе. Киев: КГУ, 1992.
  3. Исследование медных и алюминиевых проводников в зонах короткого замыкания и термического воздействия: метод. реком. / Л.С. Митричев, Е.Р. Россинская, А.И. Колмаков [и др.]. М.: ВНИИ МВД СССР, 1986.
  4. Экспертное исследование металлических изделий (по делам о пожарах): учеб. пособ. / под ред. А.И. Колмакова. М.: ЭКЦ МВД России, 1994.
  5. Чешко И.Д. Экспертиза пожаров (объекты, методы, методики исследования). СПб.: СПбИПБ МВД России, 1997.
  6. Осмотр места пожара: метод. пособ. / Чешко И.Д., Юн Н.В., Плотников В.Г. [и др.]. М.: ВНИИПО МЧС России, 2005.
  7. Мегорский Б.В. Методика установления причин пожаров. М.: Стройиздат, 1966.
  8. Комплексная методика определения очага пожара. / Смирнов К.П., Чешко И.Д., Егоров Б.С. [и др.]. Л.: ЛФ ВНИИПО МВД СССР, 1987.
  9. Ильин Н.А. Последствия огневого воздействия на железобетонные конструкции. М.: Стройиздат, 1979.
  10. Макагонов В.А. Бетон в условиях высокотемпературного нагрева. М.: Стройиздат, 1979.
  11. Стрелов К.К., Мамыкин П.С. Огнеупоры и огнеупорные изделия. М.: Металлургия, 1975.
  12. Смелков. Г.И., Александров А.А., Пехотиков В.А. Методы определения причастности к пожарам аварийных режимов в электротехнических устройствах. М.: Стройиздат, 1980.
  13. Маковкин А.С., Зернов С.И., Кабанов В.Н. Изучение состояния электрооборудования при осмотре места пожара: учеб. пособ. М.: ВНИИ МВД СССР, 1988.
  14. Чешко И.Д. Технические основы расследования пожаров: метод. пособ. М.: ВНИИПО МЧС России, 2002.
- 
-

---

---

# ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

---

---

## ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО БАЗИСА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ РИСКОВ

**А.Ю. Иванов, доктор технических наук, профессор.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены этапы эволюции баз данных. Дана общая характеристика наиболее важных положений, составляющих суть основных классов баз данных. Особое внимание уделено пионерским разработкам, нацеленным на практическую реализацию в автоматизированных системах МЧС России.

*Ключевые слова:* база данных, модель данных, распределенная база данных, хранилище данных, структурная адаптация

## PROSPECTS OF DEVELOPMENT THE INFORMATION BASIS AUTOMATIC SYSTEMS IN A RISKS

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

The article examines the stages of the evolution of databases. A general characteristic in greatest important provisions that constitute the essence of the main classes of databases. Particular attention is paid to pioneer developments aimed at the practical implementation of systems automate EMERCOM of Russia.

*Key words:* data base, data model, distributed data base, data warehouse, structural adaptation

Окончание XX века и начало третьего тысячелетия характеризуются быстрым развитием информационных технологий и их активным проникновением в большинство сфер деятельности человека. Можно с уверенностью утверждать, что базы данных, как один из наиболее существенных компонентов указанных технологий, завоевали широкое признание и стали неотъемлемым атрибутом различных приложений. В настоящее время базы данных являются информационной основой подавляющего большинства автоматизированных систем. Органичное вхождение баз данных в повседневную жизнь порой создает впечатление, что они возникли естественным образом именно в том виде, в котором существуют сейчас. В действительности же базы данных прошли не столь длинный, но интересный путь в своем развитии.

За прошедшие десятилетия информационное обеспечение автоматизированных систем различного назначения и ведомственной принадлежности непрерывно эволюционировало: от слабосвязанных массивов данных до целостных, логически и функционально завершенных информационных структур. Среди таковых наибольшее распространение получили базы данных, общая концепция которых была предложена

Дж. Мартином на рубеже 60–70-х гг. прошлого века [1].

В развитии баз данных можно условно выделить три этапа, которые не имеют четко очерченных временных границ и могут отчасти перекрываться.

Первый этап (до середины 1980-х гг.) связан с поиском структурного построения баз данных. Фундаментальным понятием, возникшем на этом этапе и неразрывно связанным с теоретическими основами баз данных, является модель данных как представление сведений о предметной области в виде данных и связей между ними. Изначально специалисты в области информационного обеспечения автоматизированных систем ориентировались на иерархическую и сетевую модели. При определенных достоинствах, к которым можно отнести, например, высокую наглядность и естественность представления структур данных, названным моделям присуще наличие жесткой связи между структурой и путями доступа к данным. Это приводит к определенной зависимости прикладных программ от структуры данных и затрудняет общение пользователей-непрограммистов с базой данных.

Указанный недостаток был устранен с появлением реляционной модели, которая была предложена как альтернатива двум предыдущим. Следует выделить два положительных момента. Первый лежит в теоретической плоскости и состоит в том, что эта модель опирается на математический базис реляционной алгебры и реляционного исчисления, то есть имеет под собой строгую научную основу. Второй обладает утилитарным значением: данные представляются в табличной форме, что наряду с наглядностью избавляет пользователей от необходимости проследивать пути доступа к требуемым единицам данных [2].

Реляционная модель приобрела чрезвычайно широкую популярность, особенно с распространением персональных компьютеров с их постоянно растущими характеристиками и с появлением на рынке множества систем управления базами данных, ориентированных на работу с этой моделью. Таким образом, итогом первого этапа можно считать прочное утверждение реляционных баз данных в практике построения информационного обеспечения автоматизированных систем.

Второй этап (от середины 1980-х до середины первого десятилетия 2000-х гг.) характеризуется масштабными разработками в области применения баз данных и их реализацией в автоматизированных системах сложной структуры и новой функциональной направленности. В этом аспекте целесообразно остановиться на рассмотрении двух классов баз данных. Первый составляют распределенные базы данных, во второй входят хранилища данных.

Постепенно автоматизация охватывает все большее число объектов (организаций, предприятий и т.п.). Многие из них по своей природе рассредоточены в пространстве, начиная от университетских городков и производственных площадок и заканчивая разветвленными сетями филиалов крупных корпораций. Информационное обслуживание пользователей автоматизированных систем подобных объектов не может быть эффективным при точечном расположении базы данных.

Адекватным решением такой проблемы явилось становление распределенных баз данных. Они характеризуются тем, что логически целостная совокупность данных распределена по узлам компьютерной сети в виде взаимосвязанных единиц данных, называемых фрагментами. Реляционная модель дает вполне приемлемую основу для построения таких информационных образований, поскольку фрагментация исходных таблиц может выполняться посредством реляционных операций проекции и селекции, а исполнение запросов к различным фрагментам данных, в том числе и удаленным друг от друга, строится на основе операции соединения. Географическое рассредоточение фрагментов позволяет при правильном подходе к проектированию базы данных размещать их как можно ближе к потребителям информации, тем самым сокращать транспортные издержки и, следовательно, повышать оперативность выдачи данных пользователям [3].

Традиционная реляционная модель предполагает использование двумерных таблиц для представления данных. В этом случае база данных хранит последние модифицированные значения данных, а предыдущие значения утрачиваются безвозвратно. Поэтому, используя

базу данных, невозможно отследить характер изменения требуемых единиц данных и рассчитать их прогнозируемые значения. А именно на таких прогнозах строятся задачи, связанные с аналитической обработкой и интеллектуальным анализом данных.

Выход из сложившейся ситуации состоит в переходе от традиционных баз данных к хранилищам данных. Теоретическую основу таких информационных образований составляет многомерная реляционная модель данных, являющаяся развитием классической реляционной модели [4]. Согласно этой модели данные представляются в виде  $n$ -мерного гиперкуба, где  $n$  – число информационных измерений. Комбинации значений координат по всем измерениям определяют точки гиперкуба, называемые ячейками. С ячейками ассоциируются значения переменных, называемых показателями и имеющих, как правило, числовые типы. Подобно тому, как структура традиционной реляционной базы данных обычно состоит из нескольких двумерных таблиц, структура многомерной базы данных формируется, как правило, из нескольких гиперкубов данных.

Симбиоз распределенных баз данных и многомерных баз данных приводит к образованию распределенных хранилищ данных, цель создания которых состоит в том, чтобы объединить преимущества их предшественников и обеспечить эффективное решение новых классов задач пользователей [5, 6].

Третий этап (берет отсчет от первого десятилетия XXI века) связывают с появлением и внедрением умных баз данных (Smart Databases). Мы находимся в самом начале очередного периода в истории баз данных, и делать крупномасштабные выводы и даже предположения, по всей видимости, рано. Однако некоторые направления становления новых классов баз данных уже проявили себя.

Существующие распределенные базы данных проектируются как структурно-статические образования, для которых размещение физических фрагментов данных нечувствительно к изменению топологии автоматизированной системы при ее функционировании. Динамичный характер сферы управления МЧС России определяется следующими факторами:

- перемещениями должностных лиц при проведении мероприятий по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- модификацией сетевого компонента автоматизированной системы вследствие деструктивных воздействий;
- наращиванием автоматизированной системы в местах проведения операций, связанных с ликвидацией чрезвычайных ситуаций, и другими причинами.

Все это требует структурных трансформаций распределенной базы данных для поддержания ее эксплуатационных характеристик в требуемых пределах. Без такого рода изменений под угрозой срыва может находиться своевременное получение жизненно важной информации мобильными группами МЧС, работающими на полевых пунктах управления в районах природных и техногенных катастроф, разрушение целостности геоинформационного пространства системы реагирования на чрезвычайные ситуации вследствие выхода из строя узлов и каналов связи автоматизированной системы и т.п. [7].

Сущность предложений в области, связанной с формированием баз данных, способных обеспечить требуемый уровень информационного сервиса в любых условиях обстановки, состоит в следующем.

Непредсказуемый характер кризисов природного и техногенного происхождения определяет необходимость сочетания принципов централизованного и децентрализованного управления. В связи с этим распределенная система управления МЧС выглядит соответствующей данному тезису, но статичность ее структуры и информационной инфраструктуры не является очевидной. В условиях проведения операций по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций необходим подвижный информационный базис. Его подвижность обеспечивается созданием распределенных баз данных, способных к модификации своей физической структуры (числа и мест размещения фрагментов данных) в зависимости от изменения состояния среды.

Такие структурные трансформации могут носить априорный или апостериорный характер. Рассмотрим первый случай. Планируется прибытие руководителя операции по ликвидации чрезвычайной ситуации на пункт управления, оснащенный средствами автоматизации, включенными в автоматизированную систему Центра управления в кризисных ситуациях. Тогда заранее, еще до момента прибытия должностного лица, на этот пункт должны быть перемещены (скопированы) фрагменты данных, необходимые ему для последующего принятия решений, а по убытию должна быть исполнена обратная процедура. Второй случай соответствует возникновению чрезвычайной ситуации в непосредственной близости от пункта (центра) управления. При проявлении начальных признаков аварии или катастрофы данные следует оперативно переместить или скопировать на пункт (центр) управления, находящийся в безопасном районе.

Механизмы структурной адаптации распределенных баз данных могут быть различными: от использования технологии репликации, реализуемой современными системами управления базами данных до разработки оригинальных, имеющих целевую ориентацию на ведение рассматриваемого класса баз данных систем управления базами данных.

Перспективное развитие освещаемого направления видится на пути разработки теоретических основ самоорганизующихся распределенных баз данных со структурной адаптацией. Такие базы данных будут наделены способностью к адекватному реагированию на стандартные изменения ситуаций, происходящих в некоторые регламентированные моменты времени, и к самостоятельной перестройке собственной структуры.

В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России на протяжении нескольких лет ведутся исследования и сформирован солидный научный задел в области разработки распределенных баз данных со структурной адаптацией, планируемых к использованию в автоматизированных системах МЧС России [8–10]. Признание этого пионерского курса научной общественностью свидетельствует о его высоком потенциале и ориентирует на активизацию научных изысканий в рассматриваемом направлении.

## Литература

1. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. М.: Мир, 1980. 662 с.
2. Грэй П. Логика, алгебра и базы данных: пер. с англ. Х.И. Килова, Г.Е. Минца / под ред. Г.В. Орловского, А.И. Слисенко. М.: Машиностроение, 1989. 386 с.
3. Мамиконов А.Г. [и др.]. Оптимизация структур распределенных баз данных в АСУ. М.: Наука, 1990. 240 с.
4. Львов В. Создание систем поддержки принятия решений на основе хранилищ данных // Системы управления базами данных. 1997. № 3. С. 30–40.
5. Горшков В.С., Иванов А.Ю. Концепция распределенных информационных хранилищ // Проблемы управления рисками в техносфере. 2010. № 1 [13]. С. 67–74.
6. Горшков В.С. Модели и методики построения распределенных информационных хранилищ автоматизированных систем МЧС России: дис. ... канд. техн. наук. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2011. 115 с.
7. Иванов А.Ю. Обеспечение выполнения требований к информационным системам МЧС России на основе структурной адаптации распределенных баз данных // Вестник Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России. 2005. № 3 [10]. С. 41–46.
8. Артамонов В.С., Иванов А.Ю. Синтез структуры мобильных распределенных баз данных // Проблемы управления рисками в техносфере. 2008. № 4 [8]. С. 162–168.
9. Артамонов В.С., Иванов А.Ю. Структура и понятийный аппарат теории мобильных распределенных баз данных // Вестник Санкт-Петербургского института ГПС МЧС России. 2006. № 4 [15]. С. 39–45.
10. Иванов А.Ю. Мобильные распределенные базы данных автоматизированных



## **ИНТЕГРАТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ЛАБОРАТОРНО-ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ «ФИЗИКА–ИНФОРМАТИКА»**

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

**В.В. Духанин, кандидат педагогических наук;**

**М.Ю. Бунаков, кандидат педагогических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены возможные варианты структуры интегративного лабораторно-практического занятия по дисциплинам «Физика» и «Информатика». Сформулированы достоинства и недостатки использования различных схем проведения интегративных лабораторно-практических занятий.

*Ключевые слова:* лабораторный практикум, интегративные технологии, лабораторно-практическое занятие, структура занятия

## **INTEGRATIVE TECHNOLOGY IN CONDUCTING LABORATORY AND PRACTICAL CLASSES «PHYSICS–INFORMATICS»**

A.A. Kuzmin; V.V. Dukhanin; M.Y. Bynakov.

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

The paper discusses possible options for the structure of an integrative laboratory and practical classes on subjects «Physics» and «Information». Articulated the advantages and disadvantages of using different schemes of integrative laboratory practical classes.

*Key words:* laboratory practical, integrative technology, laboratory and practical training, structure of lessons

В современных условиях в результате бурного развития многочисленных отраслей знаний понятие «интеграция» переросло конкретно-научные рамки. Его с успехом используют в науке в процессе исследований существенных сторон развития общества. Это даёт возможность считать, что интеграция с тенденцией обращается в объективную закономерность. Под действием общественно-исторической практики интеграция наполняется новым содержанием, обогащается, становясь философской категорией, предназначенной для отражения наиболее значимых связей и отношений между различными сторонами окружающей действительности.

Что же понимают под интеграцией в обучении? Среди дидактов единой точки зрения на трактовку данного понятия нет, поскольку спорными являются вопросы об основных функциях, формах, уровнях интеграции, недостаточны определены возрастные возможности учащихся, касающиеся их применения. Так, например, Б. Бернштейн под интеграцией рассматривает подчинение учебных предметов единой рациональной идеи; П. Блек предусматривает объединение материала в отдельные учебные предметы; Г. Овеус предполагает необходимость целостной совокупности учебных предметов.

Интеграцию рассматривают также как иерархическое обобщение синтез, объединение на различных уровнях (предметный, межпредметный, психологический). Куи С.

рассматривает интеграцию как синтез учебного материала на уровне глобальных проблем: человек, окружающая действительность и пр.

Многие современные учёные-педагоги (А.П. Беляев, М.И. Махмутов, А.А. Пинский, В.Г. Розумовский) считают, что интегративные процессы становятся тенденцией и в педагогике, особенно в теории обучения: всё теснее сливаются воедино дидактика и психология мышления, педагогическая психология и социология, теория содержания общего и технического образования. Интегративные тенденции современной дидактики, главным образом, проявляются в том, что для определения закономерностей обучения исследователи используют понятия и теоретические предпосылки родственных наук.

Применительно к системе обучения понятие «интеграция» может принимать два значения: во-первых, это создание у курсанта или студента вуза МЧС России целостного представления об окружающем мире (здесь интеграция рассматривается как цель обучения); во-вторых, это нахождение общей платформы сближения предметных знаний (здесь интеграция – средство обучения). Интеграция как цель обучения должна дать ученику те знания, которые отражают связанность отдельных частей мира как системы, научить курсанта или студента с первых шагов обучения в вузе представлять мир как единое целое, в котором все элементы взаимосвязаны. Реализация этой цели может начаться уже на младших курсах. Интеграция также – средство получения новых представлений на стыке традиционных предметных знаний. В первую очередь она призвана заполнить незнание на стыке уже имеющихся дифференцированных знаний установить существующие связи между ними. Она направлена на развитие эрудиции обучающегося, на обновление существующей узкой специализации в обучении. В то же время интеграция не должна заменить обучение классическим учебным предметам, она должна лишь соединить получаемые знания в единую систему [1, 2].

Интеграция как полноправное научное понятие появляется в российской педагогике в первой половине 80-х гг. на фоне бурно развивающихся в стране и в мире интеграционных процессов в экономике, политике, науке, культуре и других сферах социальной жизни. К этому времени оно уже достаточно прочно закрепилось в философской и научной литературе. Тем не менее, было бы неправильным считать, что интеграция в педагогике возникает в результате простого переноса понятия из других областей научной деятельности в силу желания педагогов не отстать от современности.

Проблема необходимости создания такой организации учебного процесса, при которой бы максимально возможно реализовывалась идея о взаимосвязанности всех учебных дисциплин, известна как проблема интеграции образования. Фрагментарные знания, по мнению дидактов и методистов, не ведут к целостному пониманию изучаемых явлений.

Для «преодоления ... противоречия между разнесенным по различным учебным предметам усвоением знаний учащимися и необходимостью их комплексного применения в реальной жизнедеятельности человека» используют межпредметную интеграцию. Данный вид интеграции может принимать различные формы: от простого координирования преподавания различных учебных предметов до создания новых дисциплин, носящих интегрированный характер [2].

Проблема интеграции активно обсуждалась педагогами уже тогда, когда ею серьезно не интересовались ни философы, ни методологи, ни политики. В образовании она имеет длительную историю, отсчитываемую от начала нынешнего столетия. Появление понятия интеграции в педагогике 80-х гг. явилось следствием продолжительного развития интегративных процессов в образовании.

Эта научная категория представляет собой логически оформленный результат продолжительного исторического процесса, сложных диалектических превращений педагогического сознания. Факт ее появления обусловлен не каким-то конъюнктурным устремлением, он вобрал в себя интенции мировой педагогической культуры и драматический опыт развития отечественного образования.

Анализируя варианты организации интегративного лабораторно-практического

занятия можно остановиться на нескольких вариантах возможной структуры:

- объединение нескольких лабораторно-практических занятий из одной образовательной области в одно с соответствующим увеличением его продолжительности;
- группировка предметов вокруг общественно значимой проблематики, связанной с обеспечением пожарной безопасности людей и охраняемых народно-хозяйственных объектов;
- использование на лабораторно-практических занятиях, проводимых на разных дисциплинах, общей предметной области, имеющей отношение к изучаемой проблеме обеспечения пожарной безопасности;
- интеграция, при которой последующая тема лабораторно-практического занятия по одной дисциплине вытекает из предыдущей темы лабораторно-практического занятия, проводимого по другой дисциплине;
- аккордная система (проведение измерений технических параметров, органически соединенных тематической связью, исчерпывающей ряд дисциплин);
- цикловой метод (объединение всех учебных лабораторных экспериментов в определенные циклы, связывающие родственные между собой науки);
- метод разовых заданий.

При организации параллельного натурно-виртуального лабораторно-практического занятия после проведения предлабораторного коллоквиума, оценивающего степень готовности курсантов или студентов к проведению лабораторного эксперимента, преподаватель физики выдает задания на натурный этап эксперимента, а преподаватель информатики дает задание на виртуальный этап лабораторного эксперимента. Задания на натурный и виртуальный этапы лабораторного эксперимента предусматривают обобщение полученных результатов. По завершении этих этапов курсанты или студенты обрабатывают полученные результаты экспериментов, используя также и современную вычислительную технику компьютерного класса кафедры информатики, и защищают результаты этой обработки. Требования к содержанию отчетов и методика защиты может зависеть от результатов прохождения предлабораторного коллоквиума. Последовательность выполнения натурального и виртуального этапов курсанты и студенты определяют самостоятельно (рис. 1) [3].

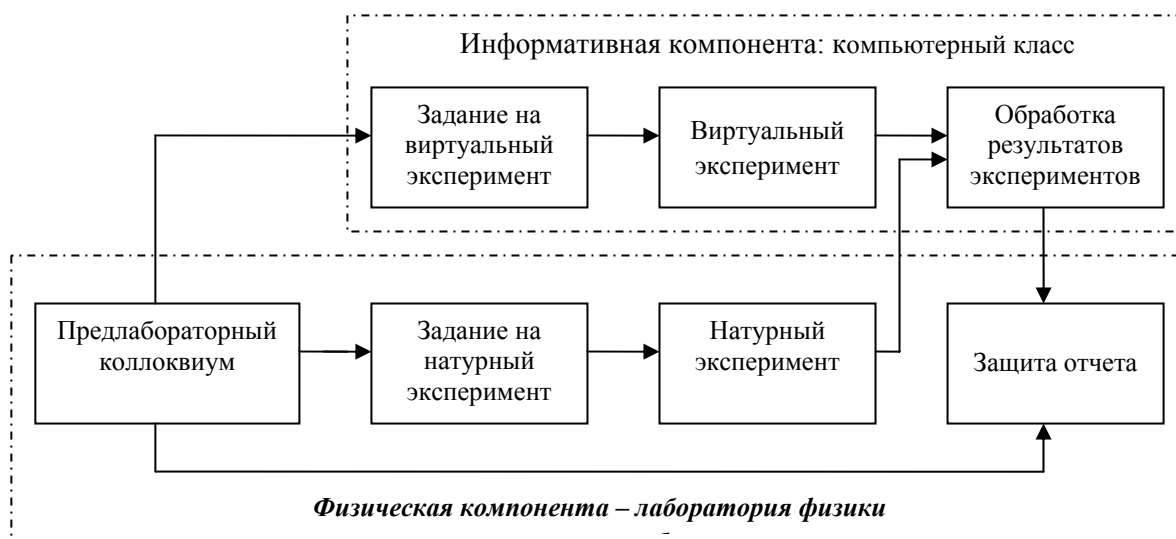


Рис. 1. Схема проведения параллельного интегративного натурно-виртуального лабораторно-практического занятия

Достоинством такой схемы проведения интегративного параллельного натурно-виртуального лабораторно-практического занятия является:

- возможность сравнивать результаты натурных измерений и результатов виртуального моделирования;
- существование потенциальной возможности расширять область натурных измерений на параметры, которые невозможно обеспечить в условиях учебной лаборатории.

Недостатками схемы интегративного параллельного лабораторно-практического занятия являются:

- необходимость использования специализированного программного продукта для проведения виртуального этапа, к которому не всегда готовы курсанты на младших курсах, для которых характерно изучение курса «Информатика»;
- некоторый дисбаланс такого интегративного лабораторно-практического занятия в сторону решения целей его физической компоненты, задачи информативной компоненты при этом решаются только на завершающем этапе занятия, связанном с обработкой результатов виртуального и натурального экспериментов.

При организации интегративного последовательного натурно-виртуального лабораторно-практического занятия после проведения комплексного предлабораторного коллоквиума, оценивающего степень готовности курсантов или студентов к проведению лабораторного эксперимента и использования современной вычислительной техники для обработки его результатов, преподаватель физики выдает задания на его натуральный этап. После обработки результатов, измерений проведенных курсантом или студентом, на основании полученной информации преподавателем информатики определяется задание на виртуальный этап. После выполнения моделирования результаты обобщаются и ложатся в основу выводов отчета по выполнению лабораторного эксперимента (рис. 2). Требования к содержанию отчетов и методика защиты может зависеть от результатов прохождения комплексного предлабораторного коллоквиума, который должен иметь как физическую, так и информативную компоненты. Последовательность выполнения натурального и виртуального этапов фиксирована. Сначала натуральный этап лабораторного эксперимента, проводимый в лаборатории физики, затем виртуальный, проходящий в компьютерном классе [4, 5].

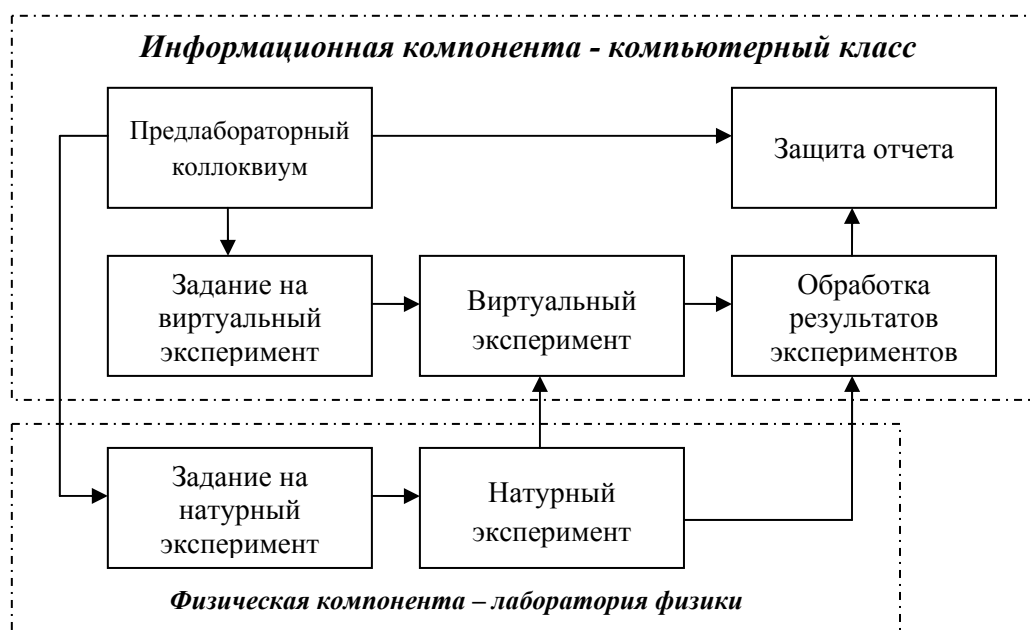


Рис. 2. Схема проведения последовательного интегративного натурно-виртуального лабораторно-практического занятия

Преимуществом использования схемы интегративного последовательного натурно-виртуального лабораторно-практического занятия может быть:

- возможность расширения границ условий проведения натурального эксперимента;
- получение новой информации о процессах при проведении виртуальной части эксперимента.

Недостатками схемы интегративного последовательного натурно-виртуального лабораторно-практического занятия являются:

- необходимость использования специализированного программного продукта для проведения виртуального этапа, к которому не всегда готовы курсанты на младших курсах, для которых характерно изучение курса «Информатика»;
- определенная неравномерность использования учебного времени и, соответственно, рабочих площадей лаборатории физики и компьютерного класса в ходе проведения интегративного лабораторно-практического занятия по последовательной натурно-виртуальной схеме;
- сложности в организации работы с дидактическими единицами рабочей программы информатики из-за возможной перегрузки как компьютерного класса, так и рабочего времени преподавателя информатики.

При организации интегративного последовательного виртуально-натурного лабораторно-практического занятия после проведения предлабораторного коллоквиума, оценивающего степень готовности курсантов или студентов к проведению лабораторного эксперимента, преподаватель информатики выдает задания на его виртуальный этап. После обработки результатов, измерений проведенных курсантом или студентом, на основании полученной информации преподавателем физики определяется задание на натурный этап лабораторного эксперимента. После выполнения натуральных измерений эти результаты обобщаются и ложатся в основу выводов отчета по выполнению лабораторного эксперимента. Требования к содержанию отчетов и методика защиты может зависеть от результатов прохождения предлабораторного коллоквиума в его физической и информативной части. Последовательность выполнения виртуального и натурального этапов строго фиксирована. Сначала виртуальный этап лабораторного эксперимента, проводимый в компьютерном классе, затем натуральный, проходящий в лаборатории физики (рис. 3).

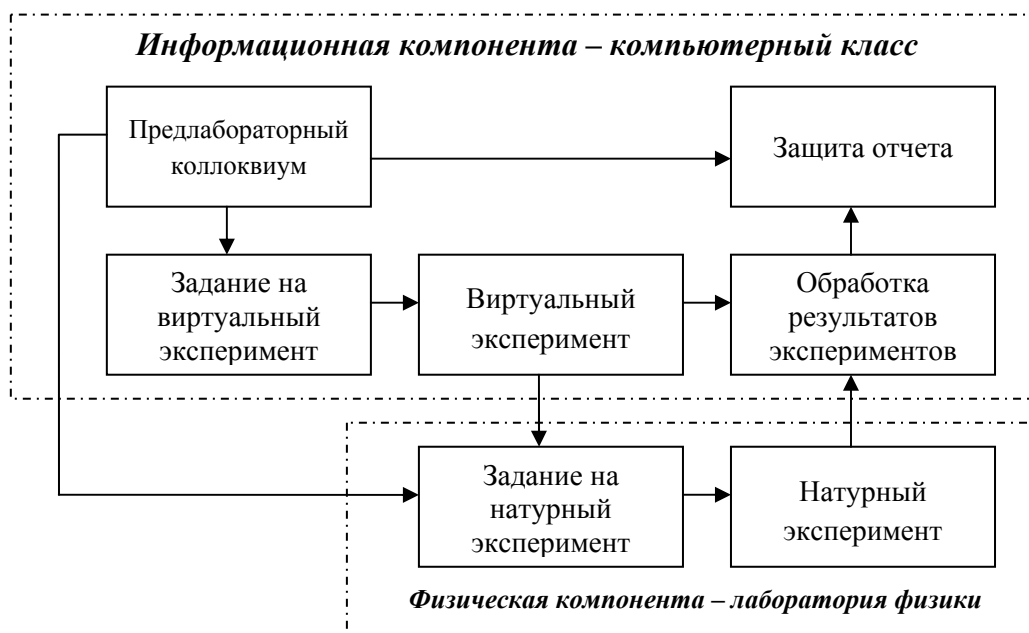


Рис. 3. Схема проведения последовательного интегративного виртуально-натурного лабораторно-практического занятия

Преимуществом использования схемы последовательного интегративного виртуально-натурного лабораторно-практического занятия может быть возможность выдвижения гипотезы по результатам его виртуального этапа и подтверждения или опровержения выдвинутой гипотезы в ходе его натурного этапа. Недостатки те же, что и в случае применения схемы последовательного интегративного натурного виртуального лабораторно-практического занятия: прежде всего сложности в организации работы с дидактическими единицами рабочей программы информатики из-за возможной перегрузки как компьютерного класса, так и рабочего времени преподавателя информатики.

### **Литература**

1. Акимов М.Н., Кузьмин А.А. Самоконтроль при обработке на ПЭВМ результатов теплофизического эксперимента: материалы Межвузов. науч.-практ. конф. «Актуальные проблемы совершенствования профессиональной подготовки и переподготовки кадров». М., 2000. С. 46–47.
2. Бреднева Н.А. Междисциплинарная интеграция в системе организации учебно-познавательной деятельности в вузе // Педагогические науки. 2008. № 4 (32). С. 112–115.
3. Ларионов В.В. Методологические основы проблемно-ориентированного обучения физике в техническом университете: монография. Томск: Изд-во Томского ун-та, 2007. 240 с.
4. Ершов А.Я. Сценарии и методики проведения исследовательских лабораторных работ по методам оптимизации: тезисы докладов юбилейного смотра-конкурса научных, конструкторских и технологических работ студентов ВолгГТУ. Волгоград, 2000.
5. Зорина Л.Я. Интегрированные предметы естественнонаучного цикла. Современная дидактика: теория – практике / под ред. И.Я. Лернера, И.К. Журавлёва. М.: ИТП, 1993. С. 125–140.

## **ФОРМАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ИНФОРМАЦИОННОМУ ТЕРРОРИЗМУ**

**В.И. Антюхов, кандидат технических наук, профессор;  
О.В. Кравчук; Р.Б. Суходулов.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрена типовая информационно-вычислительная сеть подразделения Государственной противопожарной службы МЧС России, являющаяся объектом инфраструктуры подразделения, который чаще других может подвергаться террористическим атакам с целью решения задачи информационного терроризма. Представлены вопросы формализации процесса несанкционированного воздействия (атак) на типовую информационно-вычислительную сеть с использованием энтропийного и вероятностного подходов.

*Ключевые слова:* атака, угроза, несанкционированное воздействие, информационно-вычислительная сеть, информационный терроризм, формализация

## **FORMAL APPROACH TO INFORMATION TERRORISM**

V.I. Antyuhov; O.V. Kravchuk; R.B. Suhodulov.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

We consider a typical data-processing network unit of the State fire service of EMERCOM of Russia, which is the subject of infrastructure units, which are more likely to be subjected

to terrorist attacks to address the problem of information terrorism. Presents issues of formalizing the process of tampering (attacks) on a model of information-processing network using entropy and probabilistic approaches.

*Key word:* attack, threat, tampering, information and computer network, information terrorism, formalization

Информационный терроризм – это процесс целенаправленного информационного воздействия на сознание людей с целью подавления их воли и дезорганизации деятельности, а также нанесения материального и морального ущерба идейным, политическим и экономическим конкурентам с применением современных телекоммуникационных и компьютерных средств.

Понятие информационного терроризма как социально-политического явления возникло в конце XX века, и к настоящему времени имеется уже достаточное количество работ, позволяющих не только уяснить смысл информационного терроризма, но и противодействовать ему. Правда, большее количество исследований направлено именно на социальную сторону явления и меньшее – на его технические аспекты, формализованное его представление. Связано это, прежде всего, с отсутствием необходимого статистического материала для исследования и в большей степени – с неопределённостью решаемой задачи.

Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий объективно является «удобным» объектом для террориста с целью деструктивного на него воздействия. Наиболее уязвимой для террористов можно считать информацию Министерства, предусмотренную к ограниченному распространению, среди которой следует выделить следующие сведения организационного, функционального и обеспечивающего уровней:

- по оперативной деятельности;
- по мобилизационным вопросам и резервам;
- по организационно-штатным мероприятиям;
- по боевой подготовке;
- по инженерно-техническим мероприятиям гражданской обороны;
- по федеральной противопожарной службе;
- по тыловому и техническому обеспечению и др.

Все эти сведения, естественно, поддерживаются соответствующей инфраструктурой Министерства, среди которой особо выделяются современные средства информатизации и телекоммуникации как отдельных подразделений, так и средства регионального и федерального уровней МЧС России.

Цель настоящей работы – изучение явления информационного терроризма применительно к возможной его «поддержке» программно-техническими средствами информационно-вычислительных сетей подразделений ГПС МЧС России, как одного из уязвимых мест инфраструктуры, и, как результат – рассмотрение вопроса формального описания процесса информационного терроризма.

Поставлена задача последовательно решить следующие вопросы:

- определить структуру типовой информационно-вычислительной сети подразделения Государственной противопожарной службы МЧС России;
- выявить элементы (подсистемы) сети, потенциально являющиеся средствами, используемыми террористами для достижения своих целей;
- найти методы и способы формализованного описания процессов несанкционированного информационного воздействия на элементы типовой сети и сеть в целом для последующего моделирования указанных процессов;
- определить в дальнейшем, по мере накопления статистических данных, средства и методы математического описания способов противодействия информационному терроризму при использовании террористами информационно-вычислительных сетей.

## Структура типовой локальной вычислительной сети подразделения ГПС МЧС России и возможные на неё атаки

Для обеспечения органов управления МЧС России и подразделений ГПС своевременной и достоверной информацией, создана Ведомственная цифровая сеть связи с интеграцией услуг (ВЦССИУ), назначением которой является предоставление для нужд МЧС России определенного набора транспортных услуг связи, а именно:

- услуг по передаче данных;
- услуг по передаче голосовой и факсимильной информации;
- услуг по передаче аудио/визуальной информации (видеоконференцсвязь).

Сеть связи (ВЦССИУ) опирается на информационно-вычислительные сети структурных подразделений МЧС России. Типовая сеть подразделения ГПС представляет собой топологию типа «дерево» (рис.).

Эта сеть включает:

- серверы сети (почтовый сервер, файловый сервер, сервер БД, Web-сервер, FTP-сервер);
- рабочие станции;
- маршрутизатор, обеспечивающий интеграцию сервисов (виртуальная частная сеть, межсетевой экран, шифрование и защита от взломщиков);
- сетевые коммутаторы (*switch 1, switch 2, switch 3*);
- коммуникации.

В ВЦССИУ реализована схема подключения межсетевого экрана (брандмауэра) с выделением демилитаризованной зоны. Связь подразделения с Главным управлением МЧС России и другими подразделениями ГПС МЧС России обеспечивается посредством использования виртуальной частной сети, построенной поверх общедоступной сети Интернет.

Серверы сети и сетевые коммутаторы могут размещаться в выделенных серверной комнате и коммутационном узле.

Объектом информационного терроризма выступает личный состав подразделения ГПС МЧС России, который для решения задач по предназначению пользуется услугами аппаратно-программных средств сети (субъектами информационного терроризма): серверы коммутационного узла и серверной комнаты; рабочих станций; маршрутизатора; сетевых коммутаторов; линий связи.

Выделенные элементы сети  $A = \{A_1, A_2, \dots, A_m\}$  будем считать субъектами, подвергаемыми террористическими атаками.

Угрозами для типовой сети, позволяющими достигнуть цели информационного терроризма, могут быть:

- угроза раскрытия основных характеристик сети;
- угроза отказов в доступе к информации;
- угроза нарушения конфиденциальности;
- угроза нарушения целостности;
- угроза навязывания ложной информации.

Условно можно предположить, что при реализации этих угроз злоумышленники используют атаки [1], направленные на взлом сети и атаки, позволяющие получить доступ к данным.

Атаками, направленными на взлом сети, будем считать:

1) анализ сетевого трафика по протоколам *FTP* и *Telnet*, то есть подслушивание каналов связи, анализ передаваемых сообщений и служебной информации для получения критической пользовательской информации (например, паролей), а также изучения топологии сети и её архитектуры;

2) подмену злоумышленником, выдающим себя за законного пользователя, *IP*-адреса отправителя доверенного субъекта (модификация адреса);



3) отказ в обслуживании, то есть когда сеть становится недоступной для обычного использования за счёт превышения допустимых пределов функционирования сети, операционной системы или приложения;

4) парольные атаки на пользовательские данные, передаваемые открытым текстом по незащищённому каналу с целью завладения паролем или IP-адресом;

5) сетевую разведку с помощью запросов имён доменов, эхо-тестирования и сканирования портов для сбора информации о сети с помощью общедоступных данных и приложений;

6) злонамеренное использование отношений доверия, существующих в сети (злоупотребление доверием), сводящееся обычно к взлому одного из серверов сегмента, а при существующем доверии этих серверов другим системам своей сети – к взлому всей сети.

К атакам, позволяющим получить доступ к данным, будем относить:

7) подслушивание линий передачи данных, по которым передаются все сетевые пакеты через определённый домен, и перехват пакетов с помощью sniffера пакетов;

8) изменение злоумышленником данных передаваемых пакетов;

9) посредничество, то есть активное подслушивание, перехват и управление передаваемыми данными невидимым промежуточным узлом сети;

10) посредничество лиц в обмене незашифрованными ключами с целью кражи информации из пакетов, передаваемых по сети;

11) перехват сеанса, когда после доступа к сети законного пользователя злоумышленником производится переключение соединения на новый хост;

12) угадывание ключа для получения несанкционированного доступа к защищённым передаваемым данным без разрешения отправителя и получателя;

13) атаки на уровне приложений, то есть использование слабостей программного обеспечения серверов (FTP-, файлового-, Web-серверов), когда их приложения пользуются портами, которым разрешён проход через межсетевой экран. Сведения об атаках на уровне приложений широко публикуются для того, чтобы администраторы сетей могли бороться с этими видами атак с помощью коррекционных модулей (патчей), чем и пользуются злоумышленники;

14) компьютерные вирусы, «люки», «черви» и «тройские программы» для несанкционированного доступа к исполняемым файлам и их поражения.

Атаки на элементы сети и типовую вычислительную сеть в целом по определению носят случайный характер, поэтому для анализа и последующей формализации процессов в сети имеется неопределённая система со стохастическим характером действий сторон  $A$  и  $B$ . Возможные атаки ( $B_j, j = 1, 2, \dots, 14$ ) из предложенного выше перечня на аппаратно-программные средства типовой сети ( $A_i, i = 1, 2, 3, 4, 5$ ) можно представить матрицей инцидентий (табл. 1).

Таблица 1

$i \backslash j$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$
$A_1$	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
$A_2$	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0
$A_3$	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0
$A_4$	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1
$A_5$	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0

Будем считать, что исходные данные для решения проблемы формализованного описания процессов несанкционированного доступа к типовой вычислительной сети с целью информационного терроризма, а именно – интенсивности атак на элементы сети (табл. 3), известны. Имеем слабо структурированную проблему, описание которой возможно, согласно теории, лишь на качественном уровне.

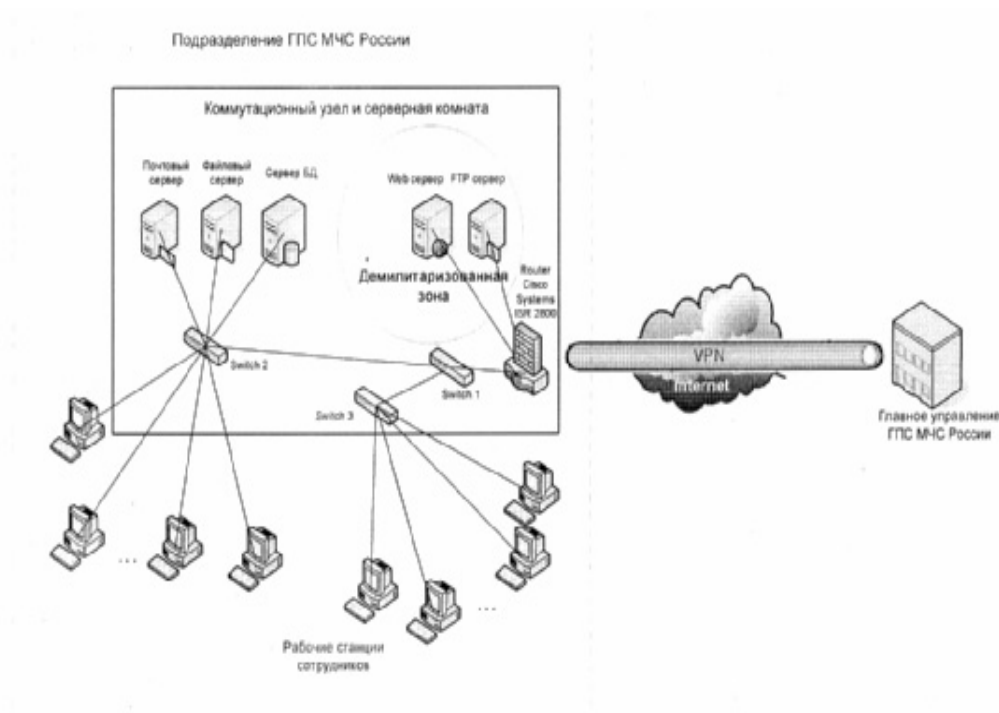


Рис. Типовая локальная вычислительная сеть подразделения ГПС МЧС России

### Формализованное описание процессов несанкционированного информационного воздействия на элементы сети

Для оценивания возможностей сторон необходимо ввести меру, позволяющую как зафиксировать факт атаки  $B_j$  ( $j = 1, 2, \dots, 14$ ) на объект  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, 5$ ), так и позволить выработать адекватное противодействие объекта  $A_i$ . Рассмотрим возможные подходы к формализованному описанию процессов несанкционированного информационного воздействия на элементы сети.

В литературе можно встретить ряд подходов, направленных на выявление меры, позволяющей оценить неопределённость ситуации. Среди них выделяются методы оценивания неопределённой ситуации по известной матрице эффективности с использованием совокупности критериев, игровые методы и др. Предлагается возможность применения к поставленной выше задаче энтропийного и вероятностного подходов, позволяющих описывать системы в условиях неопределённости, то есть когда законы распределения вероятностей на исходах считаются неизвестными.

### Энтропийный подход

При энтропийном подходе мерой анализа неопределённой ситуации считается количество информации и энтропия системы. Рассмотрим возможность применения энтропии системы к анализу возможных атак на элементы типовой вычислительной сети.

Можно с уверенностью предполагать, что целью информационного терроризма является энтропия атакуемой сети, создание для системы принятия решений (в качестве её может выступать администратор вычислительной сети) состояния неопределённости в поведении.

Мера энтропии объекта  $A$  (совокупности элементов сети: серверы, рабочие станции, маршрутизатор, сетевые коммутаторы, линии связи) в соответствии с определением энтропии, представляется соотношением:

$$H(A) = -\sum_{i=1}^m P(A_i) \log_2 P(A_i),$$

где  $H(A)$  – энтропия объекта  $A$ ;  $P(A_i)$  – вероятность атаки на элемент  $i$  системы  $A$ , причём:

$$0 \leq P(A_i) \leq 1; \quad i = \overline{1, m}; \quad \sum_{i=1}^m P(A_i) = 1.$$

Объекты  $A$  и  $B$  должны рассматриваться совместно, так как согласно поставленной задаче, рассматриваются атаки (система  $B$ ) на типовую вычислительную сеть (система  $A$ ). Налицо сложная система, элементы которой являются зависимыми, а если это так, то для вычисления вероятностей атак на элементы сети необходимо уметь находить соответствующие условные вероятности:  $P(A_i/B_j)$  и  $P(B_j/A_i)$ , а также условные частную и полную энтропии, соответственно  $H(A/B_j)$  и  $H(A/B)$ .

Условные вероятности  $P(A_i/B_j)$ , то есть вероятности того, что объект  $A$  примет состояние  $A_i$  (атакует объект  $A_i$ ) при условии, что произошла атака  $B_j$ , следует считать заданными, (по имеющимся статистическим данным) (табл. 2):

Таблица 2

$i/j$	$B_1$	$B_2$	...	$B_{14}$
$A_1$	$A_1/B_1$	$A_1/B_2$	...	$A_1/B_{14}$
$A_2$	$A_2/B_1$	$A_2/B_2$	...	$A_2/B_{14}$
$A_3$	$A_3/B_1$	$A_3/B_2$	...	$A_3/B_{14}$
$A_4$	$A_4/B_1$	$A_4/B_2$	...	$A_4/B_{14}$
$A_5$	$A_5/B_1$	$A_5/B_2$	...	$A_5/B_{14}$

При этом:  $\sum_{i=1}^m P(A_i/B_j) = 1, \quad j = \overline{1, n}.$

Зависимость объекта  $A$  от возможных атак  $B$  означает наличие хотя бы одного состояния  $B_j$ , при котором  $P(A_i) \neq P(A_i/B_j)$ .

Условная частная энтропия типовой вычислительной сети в целом (объекта  $A$ ) относительно отдельной атаки  $B_j$  при известных условных вероятностях (табл. 2) может быть вычислена по известной формуле для энтропии объекта из теории информации:

$$H(A/B_j) = -\sum_{i=1}^n P(A_i/B_j) \log_2 P(A_i/B_j), \quad i = \overline{1, m},$$

а также определена как математическое ожидание логарифмов соответствующих условных вероятностей:

$$H(A/B_j) = M[-\log_2 P(A/B_j)].$$

Усреднение частной условной энтропии по всем атакам  $B_j$  с учётом вероятности появления этих атак  $P(B_j)$  позволяет найти полную условную энтропию всех элементов сети относительно всех атак, то есть найти полную энтропию системы атак на сеть, то есть:

$$H(A/B) = \sum_{j=1}^n P(B_j) H(A/B_j),$$

$$a \quad H(B/A) = - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m P(B_j) P(A_i/B_j) \log_2 P(A_i/B_j),$$

$$или \quad H(B/A) = - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m P(B_j, A_i) \log_2 P(A_i/B_j),$$

где  $P(A_i, B_j)$  – вероятность того, что сложная система, состоящая из двух подсистем  $A$  и  $B$  будет находиться в состоянии  $(A_i, B_j)$ .

$H(A_i/B_j)$  выражает неопределённость того, что при наличии атаки  $B_j$  будет атакован элемент сети  $A_i$ , а  $H(B_j/A_i)$  выражает неуверенность, которая останется после атаки на элемент сети  $A_i$  в случае, если была произведена атака именно  $B_j$ .

Для рассматриваемой системы можно вычислить энтропию совместного появления статистически зависимых атак на элементы сети, то есть энтропию объединения  $H(A, B)$ :

$$H(A, B) = - \sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m P(B_j, A_i) \log_2 P(A_i/B_j).$$

Энтропия объединения  $H(A, B)$  и условная энтропия  $H(B/A)$  связаны между собой соотношениями:

$$H(A, B) = H(A) + H(B/A);$$

$$H(A, B) = H(B) + H(A/B).$$

Энтропия объединённой системы  $H(A, B)$  в общем случае меньше или равна сумме энтропий объектов  $A$  и  $B$ , то есть:

$$H(A, B) \leq H(A) + H(B),$$

так как условная энтропия меньше или равна безусловной, то есть  $H(A/B) \leq H(A)$ .

Для случая полной зависимости систем  $A$  и  $B$ , когда  $H(A/B) = 0$ , состояния одной системы полностью определяют состояния другой, то есть они эквивалентны:

$$H(A, B) = H(A) = H(B).$$

Воспользуемся предложенными в [2] показателями для оценивания неопределённости системы:

- абсолютная величина неопределённости ( $S$ ) – количественная мера оценки неопределённости системы  $A$  при атаке со стороны  $B$ ;
- нормированная мера неопределённости –  $N(A, B)$ .

Если воспользоваться этими показателями, то для оценивания неопределённости системы можно применить следующие соотношения:

$$S(A, B) = H(A) - H(A/B) \text{ или}$$

$$S(A, B) = H(A/B) - H(A);$$

$$S(A/B) = H(A) + H(B) - H(A, B);$$

$$S(A/B) = H(A) - H(A/B)$$

$$S(A/B) = H(B) - H(B/A);$$

$$N(A,B) = S(A,B) / H(A).$$

Нормированная мера неопределённости для зависимых систем обладает рядом свойств:

- 1)  $N(A,B)=1$ , когда любое состояние  $A_i$  системы  $A$  определяется поведением системы  $B$ , то есть когда реализуется одно из состояний  $B_j$ ;
- 2)  $N(A,B)$  принимает значения из интервала  $[0, 1]$ ;
- 3)  $N(A,B)$  в общем случае не равно  $N(B, A)$ .

Кроме полученных выше соотношений для определения интенсивности атак на элементы сети, то есть характера зависимости  $A$  и  $B$ , в соответствии с [2] можно для каждого элемента сети  $A_i$  и атаки  $B_j$  найти энтропии каждого состояния:  $h_i, h_j, h_{ij}, h_{ji}, h_{i/j}, s_{ij}, n_{ij}$  и по ним рассчитывать средневзвешенное значение интенсивности атак  $V_i$  по всем значениям  $i$ :

$$V_i = M\{s_{ij} / h_{ij}\} = \frac{\sum_{i=1}^m s_{ij}}{\sum_{i=1}^m h_{ij}}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Средневзвешенное значение показателя  $V_i$  может принимать значения из интервала  $[0, 1]$ , а состояние  $V_i$ , имеющее максимальное значение можно считать наиболее информативным по отношению ко всем остальным.

Проведя суммирование значений показателя  $V_i$  по всем состояниям неопределённой ситуации, получается оценка относительных долей неопределённости для систем  $A$  и  $B$  для каждого значения  $P(A_i)$ :

$$V = \sum_{i=1}^m V_i.$$

Путём изменения возможных целевых состояний систем  $A$  и  $B$ , а также добавления или исключения отдельных состояний можно управлять системой в условиях неопределённости.

### Вероятностный подход [3]

Пусть множество атак  $B_j$  ( $j = 1, 2, \dots, n$ ) на объекты сети  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) является конечным.

Интенсивность этих атак  $\lambda_{ij}(t)$  на объекты сети является различной и представляется матрицей интенсивностей атак (табл. 3).

Таблица 3

$i/j$	$B_1$	$B_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5$	$B_6$	$B_7$	$B_8$	$B_9$	$B_{10}$	$B_{11}$	$B_{12}$	$B_{13}$	$B_{14}$
$A_1$	0	$\lambda_{12}$	$\lambda_{13}$	$\lambda_{14}$	$\lambda_{15}$	0	$\lambda_{17}$	0	$\lambda_{19}$	$\lambda_{110}$	$\lambda_{111}$	0	$\lambda_{113}$	$\lambda_{114}$
$A_2$	$\lambda_{21}$	$\lambda_{22}$	0	0	0	0	0	$\lambda_{28}$	0	0	$\lambda_{211}$	$\lambda_{212}$	0	0
$A_3$	$\lambda_{31}$	$\lambda_{32}$	0	0	0	$\lambda_{36}$	$\lambda_{37}$	$\lambda_{38}$	0	0	0	0	0	0
$A_4$	0	$\lambda_{42}$	$\lambda_{43}$	$\lambda_{44}$	$\lambda_{45}$	0	$\lambda_{47}$	0	$\lambda_{49}$	$\lambda_{410}$	$\lambda_{411}$	0	$\lambda_{413}$	$\lambda_{414}$
$A_5$	$\lambda_{51}$	0	0	0	0	0	$\lambda_{57}$	$\lambda_{58}$	$\lambda_{59}$	$\lambda_{510}$	$\lambda_{511}$	$\lambda_{512}$	0	0

Поток этих атак  $B_j$  ( $j=1, 2, \dots, n$ ) будем считать простейшим, описываемым с помощью соотношения:

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k e^{-\lambda t}}{k!}, \quad (1)$$

где  $P_k(t)$  – вероятность того, что за время  $t$  будет совершено  $k$  атак.

То, что поток считается простейшим, можно утверждать в виду следующих соображений:

- из формулы (1) видно, что вероятность появления  $k$  атак за время  $t$  при заданных в табл. 3 интенсивностях является функцией  $k$  и  $t$ , и, следовательно, характеризует свойство стационарности;

- формула (1) не использует информации о появлении атак до начала рассматриваемого промежутка, следовательно, присутствует свойство отсутствия последствия;

- при малых значениях  $t$  вероятность появления более одной атаки пренебрежимо мала по сравнению с вероятностью появления одной атаки – свойство ординарности.

В соответствии с предельной теоремой о суммарном потоке можно предположить, что сумма потоков атак на элементы сети будет пуассоновским потоком, а если это так, то при суммировании независимых ординарных потоков вновь получается ординарный поток с интенсивностью, равной сумме интенсивностей складываемых потоков.

Из этого утверждения получаем следующее соотношение для  $j$ -й атаки на все элементы  $i$  сети:

$$\lambda_j(t) = \sum_{i=1}^m \lambda_{ij}(t), \quad j = \overline{1, n}. \quad (2)$$

В целом для всех атак  $B_j$  на все элементы сети  $A_i$  суммарная интенсивность потока атак может быть вычислена с помощью соотношения:

$$\lambda(t) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \lambda_{ij}(t). \quad (3)$$

Можно считать, что поток атак на вычислительную сеть является гетерогенным, так как для пуассоновского потока атак параметр  $k$  зависит от времени. Тогда, с учётом (1–3) и данных табл. 2, вероятность возникновения  $k$  атак в бесконечно малом промежутке времени  $\Delta t$  может быть определена с помощью следующих соотношений:

а) для элемента сети  $A_i$  и атаки на неё  $B_j$ :

$$P_{ij}[k(t, \Delta t)] = \frac{\left( \int_t^{t+\Delta t} \lambda_{ij}(t) dt \right)^k e^{-\int_t^{t+\Delta t} \lambda_{ij}(t) dt}}{k!};$$

б) для элемента сети  $A_i$  и всех возможных на неё атак из множества  $B_j \in B$ :

$$P_j[k(t, \Delta t)] = \frac{\left( \int_t^{t+\Delta t} \lambda_j(t) dt \right)^k e^{-\int_t^{t+\Delta t} \lambda_j(t) dt}}{k!};$$

в) для всех элементов сети  $A_i$  ( $i = 1, 2, \dots, m$ ) и всех возможных на неё атак из множества  $B_j \in B$ :

$$P[k(t, \Delta t)] = \frac{\left( \int_t^{t+\Delta t} \lambda(t) dt \right)^k e^{-\int_t^{t+\Delta t} \lambda(t) dt}}{k!}.$$

Теперь могут быть определены вероятность отсутствия атак ( $P_0(t, \Delta t)$ ) на все элементы сети ( $k = 0$ ) за интервал времени  $\Delta t$  и вероятность хотя бы одной атаки, которые соответственно равны:

$$P_0(t, \Delta t) = e^{-\int_t^{t+\Delta t} \lambda(t) dt},$$

$$P(t, \Delta t) = 1 - P_0(t, \Delta t) = 1 - e^{-\int_t^{t+\Delta t} \lambda(t) dt}.$$

В ходе работы решены следующие вопросы:

- определена структура типовой информационно-вычислительной сети подразделения Государственной противопожарной службы МЧС РФ;
- выявлены элементы (подсистемы) информационно-вычислительной сети, которые потенциально могут содействовать информационному терроризму;
- проведена формализация процессов функционирования сети с использованием энтропийного и вероятностного подходов.

Работу по теме авторы продолжают в части сбора необходимых статистических данных для моделирования процессов в сети по направлению исследования и рассмотрения вопроса противодействия информационному терроризму.

### Литература

1. Шаньгин В.Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: учеб. пособ. М.: ИД «ФОРУМ», ИНФРА-М, 2008. 416 с.
2. Белоножкин В.И., Остапенко Г.А. Информационные аспекты противодействия терроризму. М.: Горячая линия–Телеком, 2011. 112 с.
3. Гладких А.А., Дементьев В.Е. Базовые принципы информационной безопасности вычислительных сетей. Ульяновск: УлГТУ, 2009. 156 с.

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ

**Д. В. Савельев, кандидат военных наук, доцент;**

**А. А. Горбунов, кандидат военных наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы развития системы предупреждения об опасных явлениях, способы уменьшения опасности и смягчения последствий ЧС.

*Ключевые слова:* прогнозирование, опасные явления

# PREDICTION OF DANGEROUS PHENOMENA

D.V. Savelyev; A.A. Gorbunov.

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

This article deals with the development of the hazard warning, ways to reduce and mitigate disasters.

*Key words:* forecasting, hazards

В последнее десятилетие количество опасных природных явлений и крупных техногенных катастроф на территории Российской Федерации ежегодно растет, при этом количество чрезвычайных ситуаций (ЧС) и погибших в них людей на протяжении последних лет неуклонно снижается.

Это говорит о высокой эффективности предупредительных мероприятий и мероприятий по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Вместе с тем риски природных и техногенных чрезвычайных ситуаций, возникающие в процессе глобального изменения климата, хозяйственной деятельности или в результате крупных техногенных аварий и катастроф, несут значительную угрозу для населения и объектов экономики страны. Особенно актуален вопрос обеспечения безопасности жизнедеятельности населения от угроз природного и техногенного характера при реализации новых крупных экономических и инфраструктурных проектов.

Одной из задач предотвращения ЧС природного характера является необходимость совершенствования комплекса мероприятий прогнозирования возникновения опасных явлений в целях повышения эффективности по предупреждению и ликвидации последствий ЧС природного характера.

Данные мониторинга, системная информация об опасных природных, техногенных и социальных явлениях, данные анализа риска служат основой для оценок и прогнозов ЧС.

Для управления безопасностью населения и территорий необходимы оценки и прогнозы риска ЧС. К настоящему времени создан обширный арсенал методов прогноза (оценки на определённый момент или интервал времени в будущем) рисков, в том числе связанных с ЧС природного и техногенного характера. По назначению их логично разделить на два вида (рис. 1):

- методы прогнозирования возникновения ЧС;
- методы прогнозирования последствий ЧС.

Методы прогнозирования возникновения ЧС наиболее развиты применительно к ЧС природного характера, точнее, к вызывающим их опасным природным явлениям. Для своевременного прогнозирования и обнаружения опасного природного явления на стадии его зарождения необходима хорошо отлаженная общегосударственная система мониторинга за предвестниками стихийных бедствий и катастроф. По информации, полученной от этой системы, территориальные органы власти принимают заблаговременные либо оперативные решения на осуществление мер защиты с целью предупреждения или смягчения последствий ЧС. В указанную систему должны входить, в частности, подсистемы прогнозирования и обнаружения опасных природных явлений для потенциально опасных объектов (ядерно и радиационно-опасных объектов, химических производств, гидротехнических сооружений) – охранные и наблюдательные сети объектов Минатома РФ, региональные сейсмические сети для обеспечения работ по краткосрочному прогнозу землетрясений и др.

Методы прогнозирования возникновения ЧС по прогнозируемым параметрам делятся на методы прогноза места, силы, времени наступления и частоты (повторяемости). Применительно к различным опасным природным явлениям эта задача решается в различной степени.

Конечно, экономически более выгодно предвидеть опасные природные явления и



готовиться к ним в месте их проявления. А те мероприятия, которые не могут быть проведены за имеющееся время упреждения об опасном природном явлении, осуществляются на всей территории возможного их проявления заблаговременно (превентивные меры защиты) на основе прогноза их частоты (повторяемости).



Рис. 1. Методический аппарат прогноза риска

По времени упреждения методы прогноза времени возникновения ЧС можно разделить на несколько видов. В целях заблаговременного или оперативного принятия управленческих решений по предупреждению ЧС и своевременному реагированию на них целесообразно получение следующих прогнозов: долгосрочный (на 5–10 лет) прогноз кризисных явлений в различных сферах на основе научного мониторинга стратегических рисков; среднесрочный (от 2 до 5 лет) прогноз опасностей в природно-техногенной сфере и на год – прогноз угроз от реализации природных и техногенных опасностей; краткосрочный (месяцы–недели) прогноз возможности возникновения опасных природных и техногенных явлений; оперативный (дни) прогноз наступления опасных природных явлений; предупреждение (часы) о надвигающемся опасном природном, техногенном или социальном явлении; экстренный (1–2 часа) прогноз последствий уже произошедших ЧС.

Для принятия решений на осуществление превентивных мер защиты необходим также прогноз времени возникновения и повторяемости стихийных бедствий, а также аварий и

катастроф на потенциально опасных объектах.

Например, во Всероссийском центре мониторинга и прогнозирования ЧС природного и техногенного характера осуществляется подготовка долгосрочных прогнозов: стратегического планирования (на год); циклических ЧС на осенне-зимний период; циклических ЧС, обусловленных весенним снеготаянием и природными пожарами; среднесрочных прогнозов ЧС на месяц; краткосрочных декадных прогнозов ЧС; оперативных ежедневных прогнозов; экстренных предупреждений. При составлении прогнозов используются данные Росгидромета, Авиалесоохраны, Минздрава, Минсельхозпрода России, Института земного магнетизма и распространения радиоволн.

Прогноз возникновения ЧС основывается на прогнозе возможности возникновения инициирующих их событий и уязвимости рассматриваемой территории. Иницирующими событиями для возникновения ЧС являются проявления характерных для рассматриваемой территории источников опасности (опасные явления):

- опасные природные явления – землетрясения, ураганы, наводнения и т.д.;
- опасные техногенные явления – аварийные ситуации на объектах техносферы (пожары, взрывы, падения, отказы составных частей, важных для безопасности).

Изучение этих редких, но опасных по последствиям событий является одной из важнейших задач в анализе и управлении риском, которые должны прийти на смену применявшемуся человечеством до сих пор методу проб и ошибок.

Различают ряд подходов к прогнозированию инициирующих событий для ЧС (применительно к опасным природным явлениям приведены в табл. 1) [1].

Возможность использования того или иного подхода зависит от соотношения случайности и предсказуемости опасных явлений. Когда о механизме формирования (возникновения, распространения) сопровождающих некоторый природный процесс опасных явлений ничего не известно, оно рассматривается как случайное явление. Случайность или неопределённость времени, места и силы опасных явлений обусловлена двумя основными причинами:

- отсутствием или недостаточностью наших знаний о закономерностях формирования в определённых месте и времени опасного природного явления;
- стохастическим характером влияющим на развитие процесса факторов.

По определению, неопределённость – это понятие, отражающее отсутствие однозначности. Неопределённость обусловлена внутренними свойствами объектов и неполнотой сведений об объектах. Различают неопределённость стохастическую и детерминированную.

Чем больше непредсказуемых факторов влияет на развитие природного процесса, тем меньше теоретически возможное время упреждения  $t_{\text{упр}}^{\text{теор}}$  (рис. 2,  $t_0$  – текущий момент времени) о развитии опасного природного явления. В предельном случае это время равно нулю.

От этих же факторов зависит и точность прогноза. Чем меньше случайных факторов и глубже изучены физические процессы, приводящие к опасным явлениям, тем выше точность прогноза, а время упреждения  $t_{\text{упр}}$ , определяемое с достаточной точностью, может быть больше приближено к  $t_{\text{упр}}^{\text{теор}}$ .

Стимулом к изучению эпизодически происходящих на рассматриваемой территории опасных природных явлений являются вызываемые ими экономические потери, требующие значительных затрат на защиту территории от исходящих в случайный момент времени и в произвольном месте опасных явлений. Чем чаще происходят опасные природные явления, тем больше внимания уделяется их изучению и тем сильнее по прошествии некоторого времени в результате целенаправленного выделения ресурсов на принятие мер защиты территория защищена от них. Это приводит к снижению потерь. Очевидно, что экономически выгоднее предпринимать меры защиты на локальных территориях (по отношению к конкретным объектам) в течение фиксированного интервала времени. Это

стимулирует разработку методов прогноза места, силы и времени опасных природных явлений. Чем больше знаний, тем меньше неопределённость и больше предотвращаемый на основе предпринимаемых в соответствии с имеющимися знаниями мер защиты ущерб. Другими словами, чем больше знаний, тем выше эффективность мер защиты. Таким образом, наука является значимым фактором экономики ресурсов государства и в итоге – его устойчивого развития.

Таблица 1. Подходы к прогнозированию инициирующих событий

Подход	Интервал упреждения, исходная информация	Аппроксимация модели	Прогнозируемый показатель	Меры по снижению рисков и смягчению
Вероятностно-статистический	Оценка частоты по данным многолетних наблюдений	Пуассоновский поток $F_{OЯ}(u)$	$a_{OЯ}(\Delta t   u_{OЯ} \geq u_0)$ на рассматриваемой территории	Меры по ограничению антропогенной деятельности (налоги на выбросы в атмосферу) для сдерживания роста частоты и силы опасных природных явлений [2]; предупреждение (снижение силы) некоторых природных явлений; регулирование застройки на основе районирования территории; строительство сооружений инженерной защиты; повышение устойчивости (сейсмостойкое строительство); ужесточение строительных нормативов; перенос потенциально опасных объектов, переселение
Вероятностно-детерминированный	Долгосрочный (годы) прогноз времени наступления по данным многолетних наблюдений	Цикличность, унимодальные распределения $F_{OЯ}(t)$	$Q_{OЯ}(\Delta t   t^*)$ на рассматриваемой территории	
	Среднесрочный прогноз места и времени (месяцы, недели) наступления по данным мониторинга	Модели возникновения развития опасных природных явлений, погрешности методик	$(x_{OЯ}, u_{OЯ} \geq u_0)$	Повышение защищённости территорий (укрепление сооружений инженерной защиты); обучение населения и аварийно-спасательных формирований действиям в условиях ЧС
Детерминированно-вероятностный	Краткосрочный прогноз места, силы и времени наступления (дни, часы) по предвестникам и оперативной информации		$t_{OЯ}, x_{OЯ}, u_{OЯ}$	Смягчение последствий (оповещение, эвакуация, своевременное начало аварийно-спасательных работ)

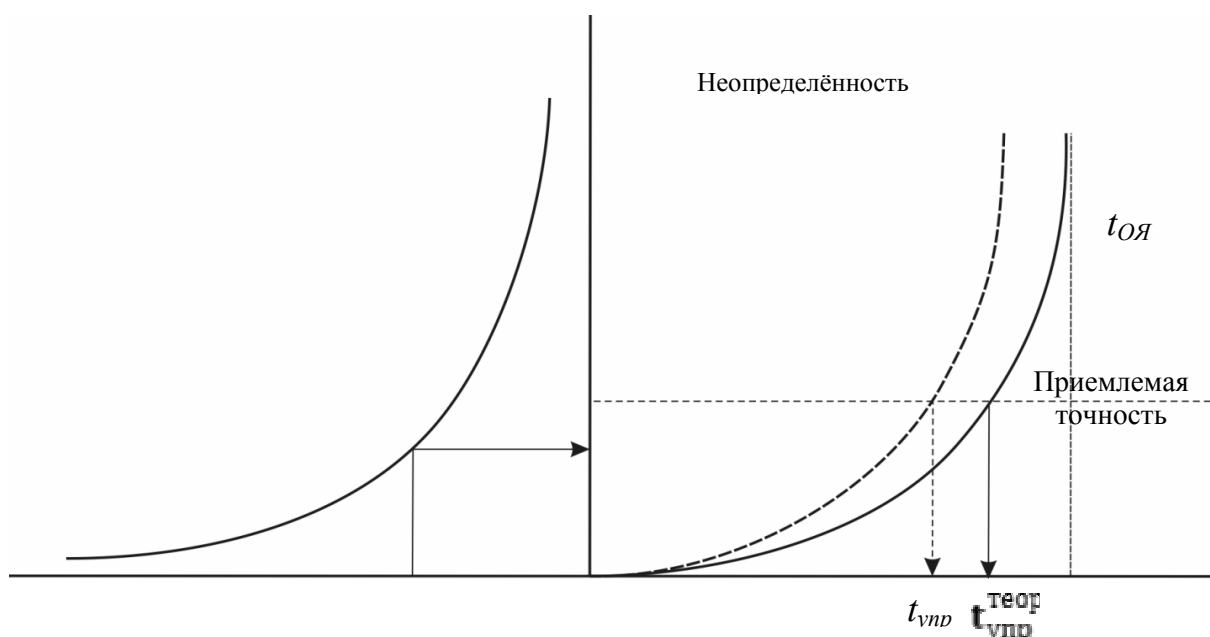


Рис. 2. Зависимость точности прогноза повторяемости от интервала наблюдения  $\Delta T$  и времени наступления опасного явления от времени упреждения  $t_{\text{упр}}$

В табл. 2 приведены три уровня знаний о времени, месте и силе опасных природных явлений. Если время наступления природного явления с некоторой силой в конкретном пункте на основе имеющихся знаний может быть предсказано с интервалом упреждения, отличным от нуля, то говорят о предсказуемых явлениях.

В случае большой неопределённости механизмов возникновения и развития (распространения) опасных природных явлений их пространственное, временное и энергетическое распределения определяются по статистическим данным, полученным в ходе многолетних наблюдений, в виде характеристик повторяемости и встречаемости в областях возможного возникновения.

Таблица 2. Уровни определённости (неопределённости) и определяемые на их основе характеристики опасных природных явлений

Распределение	Уровень		
	неопределённость	частичная определённость	полная определённость
Временное	Частота $\lambda_{\text{оя}}$ , 1/год – повторяемость	Цикличность явлений; вероятность возникновения за заданный интервал времени в рассматриваемом пункте опасных явлений с силой, не менее заданной	Время возникновения $t_{\text{оя}}$
Энергетическое	Распределение по силе $F_{\text{оя}}(u) = P(U \leq u)$ – встречаемость		Сила $u_{\text{оя}}$
Пространственное	Область возможного возникновения $F_{\text{оя}}(x) = P(X_{\text{оя}} \leq x)$		Место $x_{\text{оя}}$

При частичной определённости механизмов возникновения и развития опасных природных явлений или наличии статистических данных, указывающих на некоторые закономерности их наступления (например, цикличность во времени) опасное явление может

быть предсказано, хотя и со значительной погрешностью (например, в форме вероятности возникновения природного явления с силой, не менее заданной, на рассматриваемой территории или в определенном пункте за заданный интервал времени в будущем).

При полной определенности все три параметра опасного явления могут быть предсказаны с приемлемой точностью для своевременного принятия адекватных мер защиты, объемом которых зависит от имеющихся материальных и временных (времени упреждения) ресурсов.

С увеличением интервала наблюдения за развитием опасных природных процессов и явлений  $T$  точность оценки повторяемости, встречаемости и областей возможного возникновения опасных явлений возрастает. При прогнозе времени, места и силы опасного явления с увеличением интервала упреждения точность, наоборот, падает (рис. 2). Поэтому те меры защиты, которые не могут быть реализованы за время упреждения, определенное с приемлемой точностью, планируется на основе информации о повторяемости опасного явления.

Время  $t_{\text{теор}}^{\text{упр}}$  определяется интервалом корреляции значений совокупности информативных параметров в момент времени  $t_0$  и текущий момент  $t$ . Чем больше случайных факторов влияет на развитие природного явления (описывающих этот процесс информативных параметров во времени и пространстве), тем меньше интервал корреляции.

Изучение механизмов возникновения и развития опасных природных явлений сопровождается повышением точности прогноза их времени, силы и места, то есть переходом от их описания как случайного явления к описанию как закономерного явления. Решение этой задачи проводится в рамках фундаментальных исследований в соответствующих областях знаний [2–4]. На основе этой информации разрабатывается методический аппарат прогнозирования, в частности, использующий идеи обучения (теория распознавания образов, искусственный интеллект и др.).

Вероятностно-статистический подход основан на представлении природных явлений на рассматриваемой территории или аварийных ситуаций на совокупности однотипных объектов пуассоновским потоком случайных событий. Он используется для оценивания частот опасных явлений  $\lambda_{\text{оя}}$  с силой, не менее заданной ( $u_{\text{оя}} \geq u_0$ ), и аварийных ситуаций определенного вида. В предположении стационарности, ординарности и отсутствия последствий поток инициирующих событий характеризуется параметром  $\Delta T$  – средним числом событий за интервал времени  $\Delta t$  (обычно за год). Частота (интенсивность) инициирующих событий рассчитывается по их статистике:

$$\lambda_{\text{оя}} = d_{\text{оя}} / \Delta T$$

где  $d_{\text{оя}}$  – число инициирующих событий (опасных явлений) за интервал времени  $\Delta T \gg \Delta t$ .

Повторяемость инициирующих событий (средний интервал времени между ними) определяется по формуле, лет.

При оценивании возможности наступления сравнительно редких событий (при  $a_{\text{оя}}(\Delta t) < 1$ ) интерес представляет вероятность  $Q_{\text{оя}}(\Delta t)$  хотя бы одного инициирующего события за предстоящий интервал времени  $\Delta t$ . В общем случае:

$$Q_{\text{оя}}(\Delta t | t^*) = (t^* \leq T_{\text{оя}} < t^* + \Delta t | T_{\text{оя}} \geq t^*) = \frac{P(T_{\text{оя}} < t^* + \Delta t) - P(T_{\text{оя}} < t^*)}{P(T_{\text{оя}} < t^*)}$$

где  $T_{\text{оя}}$  – случайная величина продолжительности интервала между событиями;  $t^*$  – момент начала рассматриваемого интервала времени  $\Delta t$  после реализации последнего инициирующего события.

Если инициирующее событие не произошло до момента времени  $t^*$ , то его вероятность за последующий интервал времени рассчитывается по условному (усечённому) распределению. Для пуассоновского потока время между событиями подчиняется экспоненциальному закону. С учётом свойства отсутствия последствия:

$$Q_{OЯ}(\Delta t|t^*) = Q_{OЯ}^{\Delta t} = 1 - \exp(-\lambda_{OЯ} \Delta t)$$

Для редких событий, когда  $a_{OЯ}(\Delta t) < 0,1$ :

$$Q_{OЯ}(\Delta t) \approx a_{OЯ}(\Delta t).$$

По многолетним наблюдениям за природными явлениями на определённой территории определяется также их распределение по силе  $F_{OЯ}(u) = P(U < u)$ , где  $U$  – случайная по совокупности произошедших природных явлений величина уровней создаваемых ими поражающих факторов для объектов техносферы.

Вероятностно-детерминированный подход основан на установлении законов и закономерностей развития природных процессов во времени и пространстве, цикличности природных явлений, что можно использовать для целей их долгосрочного и среднесрочного прогнозирования. Если имеется циклически действующий фактор, то свойство отсутствия последствия нарушается и поток природных явлений не подчиняется закону Пуассона. Например, если выявлена цикличность землетрясений, то время до очередного землетрясения подчиняется некоторому унимодальному распределению. При повторяемости (в отличие от пуассоновского потока здесь можно применять более узкий термин – периодичности) землетрясений с дисперсией, то есть при нормальном распределении времени между землетрясениями  $T_{OЯ} \in N(t_{cp}, \sigma_t^2)$ :

$$Q_{OЯ}(\Delta t|t^*) = \frac{\Phi\left\{\frac{t^* + \Delta t - t_{cp}}{\sigma_t}\right\} - \Phi\left\{\frac{t^* - t_{cp}}{\sigma_t}\right\}}{\Phi\left\{\frac{t_{cp} - t^*}{\sigma_t}\right\}}$$

где  $\Phi()$  – функция Лапласа.

Применительно к объектам техносферы вероятностно-детерминированный подход основан на установлении закономерностей развития деградиационных процессов, накопления повреждений, образования и распространения трещин, приводящих к авариям, и состоит в прогнозировании срока службы их критичных по безопасности составных частей, ограничиваемого параметрическими отказами вследствие процессов старения, изнашивания, разрегулирования [3]. На основе оценки вероятности параметрических отказов определяется необходимость профилактических замен составных частей с истекшим сроком службы.

При среднесрочном (месяцы, недели) прогнозировании на основе этой информации кроме вероятности может быть уточнено также наиболее вероятное время наступления инициирующего события:

$$\bar{t}_{OЯ} t^* = \int_{t^*}^{\infty} t f'_{OЯ}(t) dt$$

где – плотность распределения вероятности условного времени до очередного инициирующего события при условии, что до момента времени  $t^*$  оно не произошло.

С помощью методик прогнозирования, базирующихся на знании закономерностей формирования инициирующих событий, прогнозируется время  $t_{оя}$  и место природных явлений с силой, превышающей заданную величину, время наступления на конкретных объектах техносферы аварийных ситуаций определённого вида.

Для краткосрочного (дни, часы) прогнозирования используется детерминированно-вероятностный подход, опирающийся главным образом на оперативную информацию, получаемую от сетей мониторинга – о предвестниках, о приближающемся опасном природном явлении, с учётом неопределённостей методик прогноза их развития и перемещения. При этом кроме времени наступления природного явления  $t_{оя}$  прогнозируются его место  $x_{оя}$  и сила  $u_{оя}$ . Подход применим и для прогнозов аварийных ситуаций на технических объектах с непрерывным контролем технического состояния.

Показатели эффективности прогнозов. Относительно ЧС на рассматриваемом интервале времени могут быть высказаны две гипотезы: наступит или не наступит. Если ЧС предсказана и наступила (или не предсказана и не наступила), то это достоверный прогноз. Количественно степень достоверности прогноза ЧС на рассматриваемом интервале времени характеризуется показателями оправдываемости  $O$  и предсказуемости  $\Pi$  (табл. 3).

Таблица 3. Показатели достоверности прогнозов возникновения ЧС

Прогноз ЧС	Предсказания		Не предсказана	
Наступление ЧС	Не наступила	Наступила	Не наступила	Наступила
Показатели достоверности прогноза	$\alpha$	$O$	–	$\beta$

Пусть  $N_{наступило/предсказано} = N_{предсказано/наступило}$  – число наступивших ЧС из числа предсказанных или предсказанных ЧС из числа наступивших. Оно определяется как пересечение двух подмножеств:

$$N_{наступило/предсказано} = N_{наступило} \cap N_{предсказано},$$

где  $N_{наступило}$  – число наступивших на рассматриваемом интервале времени ЧС,  $N_{предсказано}$  – число ЧС, наступление которых на рассматриваемом интервале времени предсказано. Тогда оправдываемость прогнозов ЧС на рассматриваемой территории, происходящих за интервал времени  $\Delta t$ , определяется по формуле:

$$O = N_{наступило/предсказано} / N_{предсказано},$$

А предупреждённость произошедших ЧС:

$$\Pi = N_{наступило/предсказано} / N_{наступило}.$$

Если ЧС предсказана, но не наступила, то имеет место ошибка – 1-го рода, которая характеризуется вероятностью  $\alpha$ , оценка которой определяется по формуле:

$$\alpha = \frac{N_{предсказано} - N_{предсказано/наступило}}{N_{предсказано}}.$$

Ошибка 2-го рода состоит в том, что ЧС не предсказана, но наступила. Она характеризуется вероятностью  $\beta$ , оцениваемой по формуле:

$$\beta = \frac{N_{\text{наступило}} - N_{\text{предсказано}}}{N_{\text{наступило}}}$$

Таким образом, Земля является сложным геофизическим строением; внутри и на её поверхности происходят процессы, именуемые литосферными опасностями. Природа подземных катаклизмов во многом остаётся нераскрытой и неясной, поэтому землетрясение не является случайным явлением, оно вызвано теми тектоническими движениями, которые происходят в глубинах земного шара. Поэтому, в целях повышения эффективности по предупреждению и ликвидации последствий ЧС природного характера, необходимо всесторонне исследовать и совершенствовать комплекс методов прогнозирования опасных природных явлений.

### Литература

1. Асада Т., Исибаси К. Методы прогноза землетрясений. Их применение в Японии. М.: Недра, 1984.
2. Моги К. Предсказание землетрясений. М.: Мир. 1988.
3. Аверьянов В.Т., Федотов Ю. В., Шепелюк С. И. Устойчивость объектов экономики в ЧС. Прогнозирование устойчивости: учеб. пособ. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2012.
4. Справочник по ядерной энерготехнологии: пер. с англ. М.: Энергоатомиздат, 1989. 752 с.





## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Аверьянов Владимир Трофимович – проф. каф. организац. пожаротуш. и проведения аварийно-спасат. работ СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, канд. воен. наук;

Антюхов Валерий Иванович – проф. каф. систем. анализа и антикриз. управ. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, проф.;

Бунаков Михаил Юрьевич – СПб университет ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Горбунов Алексей Александрович – ст. препод. каф. защиты населения и территорий СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ugps.znt@yandex.ru, канд. воен. наук;

Данилов Игорь Лолиевич – Военный инженерно-технический институт (191123, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), канд. физ.-матем. наук, доц.;

Духанин Владимир Васильевич – нач. отдела защиты гос. тайны СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

Захаров Александр Евгеньевич – зам. нач. центра организац. и координац. междунар. деят. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: zakhsach@ Rambler.ru;

Иванов Александр Юрьевич – проф. каф. приклад. матем. и информац. технол. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: alexandr.y@mail.ru, д-р техн. наук, проф.;

Клюй Валерий Владимирович – нач. каф. организ. пожаротуш. и проведения аварийно-спасат. работ СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, канд. пед. наук;

Кожевин Дмитрий Федорович – препод. каф. физико-хим. основ процессов горения и тушения СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: Yagmort\_KDF@mail.ru;

Кравчук Ольга Валерьевна – адъюнкт каф. систем. анализа и антикриз. управ. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Кузьмин Анатолий Алексеевич – СПб университет ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук, доц.;

Макарчук Галина Васильевна – Военный инженерно-технический институт (192298, Санкт-Петербург, ул. О. Дундича, д. 35), тел. (812) 578-81-13, канд. пед. наук, доц.;

Медведева Людмила Владимировна – проф. каф. физики и теплотехники СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, д-р пед. наук;

Медведева Ольга Марленовна – препод. каф. высш. матем. и системного моделир. сложных процессов СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Романов Николай Николаевич – доц. каф. физики и теплотехники СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Савельев Дмитрий Вячеславович – доц. каф. защиты населения и территорий СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ugps.znt@yandex.ru, канд. воен. наук;

Суходулов Руслан Бадриевич – адъюнкт каф. систем. анализа и антикриз. управ. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Ткаченко Татьяна Ефимовна – ст. науч. сотр. отдела науч. и образоват. ресурсов Академии гражданской защиты МЧС России (141435, Московская обл., г. Химки, мрайон. Новогорск), тел. 8 (498) 699-04-09, e-mail: mbzol977@list.ru, д-р биол. наук;

Топилкин Евгений Сергеевич – ст. препод. каф. организац. пожаротуш. и проведения аварийно-спасат. работ СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85;

Шульгин Сергей Олегович – вед. науч. сотр. науч.-исследоват. лаборатории экспертно-криминалистич. центра МВД России (141570, Московская обл., Солнечногорский р-н, пос. Менделеево, Институтская ул., д. 3), тел. 8 (499) 175-79-41, e-mail: shulgin@beta.ru, канд. техн. наук.



---

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

---

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – высшее учебное заведение, реализующее программы среднего, высшего профессионального образования, а также образовательные программы послевузовского профессионального образования по подготовке научных, научно-технических и научно-педагогических кадров (адъюнктура). Институт дополнительного профессионального образования (в составе университета) осуществляет переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках направления – «Безопасность жизнедеятельности», 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 организациях МЧС, пожарно-технических экспертиз и дознания. Инновационными программами подготовки стало обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков.

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований, постоянный поиск оптимальных путей решения современных проблем позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня на 37 кафедрах университета свои знания и огромный опыт передают 2 академика РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 8 заслуженных деятелей науки РФ, 21 заслуженный работник высшей школы РФ, 3 заслуженных юриста РФ, заслуженные изобретатели РФ и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время в университете осуществляют: 3 лауреата Премии Правительства РФ в области науки и техники, 86 докторов наук, 272 кандидата наук, 88 профессоров, 148 доцентов, 27 академиков отраслевых академий, 24 член-корреспондента отраслевых академий, 7 старших научных сотрудников, один заслуженный деятель республики Дагестан, 4 почетных работника высшего профессионального образования РФ, 2 почетных работника науки и техники РФ, один почетный работник высшей школы РФ, один почетный радист РФ и один почетный работник прокуратуры РФ.

Почетный президент университета – статс-секретарь – заместитель министра РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий – Артамонов Владимир Сергеевич, доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, эксперт Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ по проблемам управления, информатики и вычислительной техники, член экспертного совета Высшей аттестационной комиссии при Министерстве образования и науки РФ для осуществления экспертизы аттестационных дел по присвоению учёных званий на соответствие требованиям, установленным Министерством образования и науки РФ, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, в мае 2012 г. награжден почетной грамотой Президента РФ.

Начальник университета – Латышев Олег Михайлович, кандидат педагогических наук, профессор.

В состав университета входят:

- институт дополнительного профессионального образования;
- институт заочного и дистанционного обучения;
- институт безопасности жизнедеятельности;
- Сибирский институт пожарной безопасности – филиал университета (г. Железногорск, Красноярский край);

– Мурманский филиал университета;

Три факультета:

- пожарной безопасности;
- экономики и права;
- подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров.

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

В университете созданы:

- центр организации и координации учебно-методической работы;
- центр организации и координации научных исследований;
- центр автоматизации задач управления;
- учебно-научный центр инженерно-технических экспертиз;
- центр дистанционного обучения;
- экспертный центр;
- центр организации и координации международной деятельности;
- технопарк науки и высоких технологий.

В университете по различным направлениям подготовки обучается более 8000 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1550 специалистов.

**Реализуемые университетом направления подготовки и специальности:**

– «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), квалификация выпускника – инженер, специалист;

– «Защита в чрезвычайных ситуациях», квалификация выпускника – инженер;

– «Безопасность технологических процессов и производств», квалификация выпускника – инженер;

– «Техносферная безопасность» (профили: «Безопасность технологических процессов и производств», «Защита в чрезвычайных ситуациях», «Радиационная и электромагнитная безопасность»), квалификация выпускника – бакалавр;

– «Правовое обеспечение национальной безопасности» (специализации: «Государственно-правовая», «Уголовно-правовая»), квалификация выпускника – специалист;

– «Судебная экспертиза», квалификация выпускника – судебный эксперт, специалист;

– «Бухгалтерский учет, анализ и аудит», квалификация выпускника – экономист;

– «Экономика», квалификация выпускника – бакалавр;

– «Прикладная математика», квалификация выпускника – инженер-математик, бакалавр;

– «Системный анализ и управление», квалификация выпускника – бакалавр техники и технологии;

– «Психология», квалификация выпускника – психолог, преподаватель психологии, бакалавр;

- «Управление персоналом», квалификация выпускника – менеджер, бакалавр;
- «Тыловое обеспечение», квалификация выпускника – специалист;
- «Психология служебной деятельности», квалификация выпускника – специалист;
- «Юриспруденция», квалификация выпускника – юрист, бакалавр;
- «Педагогическое образование», квалификация выпускника – бакалавр;
- «Безопасность жизнедеятельности», квалификация выпускника – учитель безопасности жизнедеятельности;
- «Экономическая безопасность», квалификация выпускника – специалист;
- «Менеджмент организации», квалификация выпускника – менеджер;
- «Менеджмент», квалификация выпускника – бакалавр;
- «Государственное и муниципальное управление», квалификация выпускника – менеджер, бакалавр;
- «Организация и технология защиты информации», квалификация выпускника – специалист по защите информации;
- «Информационная безопасность», квалификация выпускника – бакалавр;
- «Безопасность информационных технологий в правоохранительной сфере», квалификация выпускника – специалист;
- «Наземные транспортно-технологические комплексы», квалификация выпускника – бакалавр;
- «Наземные транспортно-технологические средства», квалификация выпускника – специалист;
- «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов», квалификация выпускника – бакалавр;
- «Автомобили и автомобильное хозяйство», квалификация выпускника – инженер;
- «Управление персоналом» (Вооруженные Силы, другие войска, воинские формирования и приравненные к ним органы РФ), квалификация выпускника – специалист;
- «Пожарная безопасность» (уровни подготовки: базовый и углубленный), квалификация выпускника – техник, старший техник;
- «Защита в чрезвычайных ситуациях» (уровни подготовки: базовый и углубленный), квалификация выпускника – техник-спасатель, старший техник-спасатель.

В университете действуют 4 диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим, педагогическим и психологическим наукам.

В университете осуществляется подготовка научных и научно-педагогических кадров, в том числе и на возмездной основе. Подготовка докторантов, адъюнктов, аспирантов и соискателей осуществляется по следующим специальностям:

*Технические науки:*

03.02.08 – экология;

05.13.01 – системный анализ, управление и обработка информации (промышленность);

05.13.10 – управление в социальных и экономических системах;

05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ;

05.13.19 – методы и системы защиты информации, информационная безопасность;

05.25.05 – информационные системы и процессы;

05.26.01 – охрана труда;

05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях;

05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность;

25.00.21 – теоретические основы проектирования горно-технических систем;

25.00.35 – геоинформатика.

*Экономические науки:*

08.00.05 – экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности, в том числе: управление инновациями, экономическая безопасность);

08.00.12 – бухгалтерский учет, статистика.

*Юридические науки:*

12.00.01 – теория и история права и государства, история учений о праве и государстве;

12.00.03 – гражданское право, предпринимательское право, семейное право, международное частное право;

12.00.04 – финансовое право, налоговое право, бюджетное право;

12.00.08 – уголовное право и криминология, уголовно-исполнительное право;

12.00.09 – уголовный процесс;

12.00.12 – криминалистика, судебно-экспертная деятельность, оперативно-розыскная деятельность;

12.00.13 – информационное право;

12.00.14 – административное право, административный процесс.

*Педагогические науки:*

13.00.01 – общая педагогика, история педагогики и образования;

13.00.08 – теория и методика профессионального образования.

*Психологические науки:*

05.26.03 – пожарная и промышленная безопасность;

19.00.01 – общая психология, психология личности, история психологии;

19.00.06 – юридическая психология.

*Химические науки:*

01.04.17 – химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества;

05.26.02 – безопасность в чрезвычайных ситуациях.

*Исторические науки:*

07.00.02 – отечественная история;

07.00.10 – история науки и техники.

*Социологические науки:*

05.26.01 – охрана труда;

22.00.08 – социология управления.

*Философские науки:*

09.00.08 – философия науки и техники;

09.00.11 – социальная философия.

В целях совершенствования научной деятельности в университете созданы научно-исследовательские лаборатории:

1. Научно-исследовательская лаборатория исследования пожаров и экологического мониторинга.

2. Лаборатория прикладных исследований кризисных ситуаций, связанных с глобальными колебаниями климата и геофизических параметров Земли.

3. Учебно-научная лаборатория нанотехнологий.

4. Лаборатория комплексной оценки опасностей и угроз.

5. Лаборатория комплексной оценки эффективности использования конных подразделений при реагировании на ЧС.

6. Лаборатория государственного и корпоративного контроллинга.

7. Лаборатория психокоррекции и психосаморегуляции.

8. Лаборатория разработки прикладного программного обеспечения.

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», которые каждый год привлекают ведущих зарубежных ученых и специалистов пожарно-спасательных подразделений. В сентябре 2011 г. в университете состоялась Четвертая встреча представителей ведомств России, Индии и Китая по вопросам предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В рамках мероприятий, посвященных празднованию 105-летнего юбилея университета в октябре 2011 г., были проведены две международные научные конференции: «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» и «Актуальные аспекты законодательного регулирования проблем предупреждения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера», в которых приняли участие представители Парламентской Ассамблеи ОДКБ и Межпарламентской Ассамблеи СНГ.

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. В мае 2012 г. университет представлял проект типового класса для подготовки пожарных и спасателей на Международном салоне «Комплексная безопасность 2012».

Санкт-Петербургский университет на протяжении нескольких лет сотрудничает с Государственным Эрмитажем в области инновационных проектов по пожарной безопасности объектов культурного наследия. 17 апреля 2012 г. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России посетил генеральный директор Государственного Эрмитажа М.Б. Пиотровский. В ходе визита М.Б. Пиотровский осмотрел библиотеку вуза, лаборатории пожарной техники, автоматической пожарной сигнализации, автоматических установок пожаротушения, автоматических систем управления и связи, учебно-научную лабораторию нанотехнологий и тренажерный комплекс подготовки специалистов ГИМС, побывал в зале офицерского собрания и технопарке университета.

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, Словакии, США, Украины, Финляндии, Франции, Эстонии и других государств.

Вуз является членом Международной ассоциации пожарных «Институт пожарных инженеров» (СТИФ), объединяющей более 20 стран мира. В настоящее время вуз постоянно участвует в рабочей группе СТИФ «Обучение и подготовка», принимает участие в научном проекте Совета государств Балтийского моря в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций на территории Балтийского региона, осуществляет проект по обмену курсантами и профессорско-преподавательским составом с Государственной Школой пожарной охраны г. Гамбурга (Германия) и Высшей технической школой г. Нови Сад (Сербия).

Одним из направлений совместных научных исследований и учебных программ является сотрудничество университета с Международной организацией гражданской обороны (МОГО).

В сотрудничестве с МОГО Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России были организованы и проведены семинары для иностранных специалистов (из Молдовы, Нигерии, Армении, Судана, Иордании, Бахрейна, Azerbaijана, 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. Осуществляется обмен обучающимися и сотрудниками с зарубежными учебными заведениями с целью обмена опытом и проведения стажировок.

В рамках взаимодействия с Организацией Договора о коллективной безопасности (ОДКБ) университетом проводится работа по гармонизации законодательства стран-участников ОДКБ в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций. Сформирована постоянно действующая рабочая группа при ОДКБ, в состав которой вошли ведущие ученые университета. Рабочей группой был подготовлен Проект рекомендаций по гармонизации законодательства стран-участников ОДКБ в области предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций.

В целях объединения усилий научных работников и ведущих специалистов в области гражданской защиты, для создания более эффективной системы подготовки высококвалифицированных кадров пожарных и спасателей по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также повышения уровня научно-исследовательской и педагогической работы учебным заведением подписаны соглашения о сотрудничестве с более чем 20 зарубежными пожарно-спасательными подразделениями и учебными заведениями. Основными партнерами университета являются: Университет восточного Кентукки (США); Высшая школа подготовки пожарных офицеров (Франция); Государственная академия пожарной охраны г. Гамбурга (Германия); Рижский технический университет (Латвия); Высшая техническая школа г. Нови Сад (Сербия); Университет прикладных наук Тампере (Финляндия); Учебно-тренировочный центр подготовки пожарных Червиньяно (Италия); Университет «Профессор Доктор Асен Златаров» г. Бургас (Болгария); Академия вооруженной полиции МОБ КНР.

В 2011 г. подписаны соглашения о сотрудничестве в области образования с Международным университетом Республики Кореи и Академией вооруженной полиции МОБ КНР. В 2012 г. – с Жилинским университетом в г. Жилине (Словакия) и Академией МЧС Азербайджанской республики.

В рамках научного сотрудничества с зарубежными вузами и научными центрами издается российско-сербский научно-аналитический журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности».

В университете проводится обучение сотрудников МЧС Кыргызской Республики в пределах квот на основании межправительственных соглашений.

За годы существования университет подготовил более 1000 специалистов для пожарной охраны Афганистана, Болгарии, Венгрии, Вьетнама, Гвинеи-Бисау, Кореи, Кубы, Монголии, Йемена и других зарубежных стран.

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

Издается ежемесячный информационно-аналитический сборник центра организации и координации международной деятельности, аналитические обзоры по пожарно-спасательной тематике. Осуществляется перевод на различные языки лекционных материалов по ключевым темам, материалов конференций и семинаров, докладов, последовательный перевод при проведении различных международных мероприятий. Переведен и постоянно обновляется сайт университета на английском языке.



Компьютерный парк университета, составляет более 1400 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 входит в базу 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.

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 433 тыс. экз. литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис».

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: филиал в г. Железнодорожске и библиотека учебно-спасательного центра «Вытегра», а также учебные центры. Имеется доступ к крупнейшим библиотекам нашей страны и мира (Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина, Российская национальная библиотека, Российская государственная библиотека (РГБ), Библиотека академии наук, Библиотека Конгресса).

С РГБ – заключен договор на пользование и просмотр диссертаций в электронном виде. В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Библиотека выписывает свыше 100 наименований печатной продукции, 15 наименований газет, в том числе «Спасатель», «Пожаровзрывобезопасность», «Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация». На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Университет активно сотрудничает с ВНИИПО МЧС России и ВНИИ ГО и ЧС МЧС России, которые ежемесячно присылают свои издания, необходимые для учебного процесса и научной деятельности университета.

Типографский комплекс 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 семь собственных научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных конференций, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства РФ и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс. Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный 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».

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

В университете большое внимание уделяется спорту. Составленные из преподавателей, курсантов и слушателей команды по разным видам спорта – постоянные участники различных спортивных турниров, проводимых как в Санкт-Петербурге и других городах России, так и за рубежом. Слушатели и курсанты университета являются членами сборных команд МЧС России по различным видам спорта. По итогам спартакиады МЧС России среди учебных заведений в 2011 г. университет занял первое место.

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (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.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете культурно-досуговом центре. Учащиеся университета принимают активное участие в играх КВН среди команд структурных подразделений МЧС, ежегодных профессионально-творческих конкурсах «Мисс МЧС России», «Лучший клуб», «Лучший музей», конкурсе музыкального пожарного творчества пожарных и спасателей «Мелодии чутких сердец».

В рамках работы центра с 2001 г. создана и действует творческая студия «Движение прямо», обладатель гран-при международного фестиваля «Россия молодая», победитель фестиваля студенческого творчества «арт-студия» 2010 г. и 2011 г. В составе студии несколько творческих коллективов: вокальная группа «Экипаж» – Лауреат всероссийских и международных музыкальных конкурсов 2009–2011 гг. в городах Липецк, Мурманск, Тюмень, Киров, Зеленоград, обладатель гран-при международного фестиваля «Россия молодая», постоянный участник праздничных концертов, организуемых министерством и правительством города; шоу-балет «HELP» – Лауреат Всероссийского конкурса «Мелодии чутких сердец» 2009 в г. Липецк и 2010 г. в г. Тюмень, первое место в номинации «Танцевальный жанр»; интерактивный театр «ПРиЗ» – неперенный участник всех ведомственных мероприятий и тематических городских праздников для детей; шоу-дуэт «Наши» – Лауреат Всероссийского конкурса «Мелодии чутких сердец» 2010 г. в г. Тюмень, а также команда технического обеспечения «Взгляд» – Лауреат Всероссийского конкурса «Мелодии чутких сердец» 2009 г. – г. Липецк, первое место в номинации «Песня родного края», 2010 г. в г. Тюмень, второе место в номинации «Видеоклип». Курсанты, слушатели и студенты стали авторами видео-версии литературно-музыкальной композиции «Выстояли и победили!», спектакля по пьесе В. Жеребцова «Памятник», 3-х CD-дисков ВГ «Экипаж» и более сорока видеороликов для праздничных мероприятий университета и министерства.

Одной из задач центра является совершенствование нравственно-патриотического и духовно-эстетического воспитания личного состава, обеспечение строгого соблюдения дисциплины и законности, укрепление корпоративного духа сотрудников, формирование гордости за принадлежность к Министерству и университету.

С 2008 г. курсанты 1–3 курсов факультетов «Пожарной безопасности» и «Экономики и права» при участии пиротехников 346-го спасательного Краснознаменного центра Северо-Западного регионального центра МЧС России и группы спасателей-водолазов Северо-Западного регионального поискового спасательного отряда принимают активное участие в поисковых работах. Члены поисковой группы и ветераны учебного заведения ежегодно участвуют в мероприятиях, связанных с увековечением памяти погибших, открывая вахты памяти в памятные блокадные январские дни и День Победы, возлагая цветы к памятнику «Рубежный камень», к мемориалу «Невский плацдарм», мемориалу на Синявинских высотах, мемориальном кладбище в посёлке Сологубовка. Курсанты, участвующие в поисковой работе, изучают военную историю, регулярно посещая музеи «Невский пяточок», диораму «Прорыв блокады Ленинграда», описывают, реставрируют и снабжают пояснительными надписями, обнаруженные в процессе проведенных поисковых операций предметы военного времени, формируя экспозиции музея университета.

В университете из числа курсантов и слушателей создано творческое объединение «Молодежный пресс-центр», осуществляющее выпуск корпоративного журнала университета «Первый».

В апреле 2012 г. в рамках пресс-тура в университете побывали журналисты различных средств массовой информации. Для представителей прессы была организована пресс-конференция начальника университета, показательные выступления учебной пожарной части и экскурсия по университету.

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, С.В. Шарапов, С.В. Тарасов, С.А. Кондратьев // 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. Грещану П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневого процесса: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. 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 от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // СЗ РФ. 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; ученую степень, ученое звание, почетное звание; номер телефона, адрес электронной почты.

*Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.*

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

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

**МЧС РОССИИ**

**Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы**

Научно-аналитический журнал

**Природные и техногенные риски  
(физико-математические и прикладные аспекты)  
№ 3 – 2012**

Главный редактор Е.Ю. Сычева  
Редактор И.В. Дмитриева

---

Подписано в печать 27.09.2012. Формат 60×84<sub>1/8</sub>.

Усл.-печ. л. 11,75. Тираж 1000 экз. Зак. №

---

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