

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

№ 4 (16) – 2015

Редакционный совет

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

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

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

Члены редакционного совета:

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

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

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

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

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

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

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

Секретарь совета:

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

Редакционная коллегия

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

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

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

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

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

Секретарь коллегии:

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



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

Иванов К.С., Широухов А.В., Мороз Н.А. Показатели диагностирования технических параметров узлов и агрегатов машин	5
Буданов Д.С. Подходы к построению имитационной модели процесса реагирования на чрезвычайные ситуации на магистральных газопроводах	14
Коморовский В.С. Разработка мягких моделей динамики фронта и площади природного пожара	19
Черных А.К., Буданов Д.С. Моделирование распределения сил и средств подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России на газотранспортной системе	24

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Егорова Н.И., Конюшенко И.О., Немец В.М. Исследование возможностей использования оптической спектроскопии с многомерными измерениями для формирования аналитических образов жидких минеральных технических масел	32
Крюкова М.С., Тарасова О.Ю., Фоминых А.А. Исследование динамики погибших при пожарах с помощью рядов Фурье	41
Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Кузьмина Т.А. Расчет температурного режима пожаров в жилых и офисных помещениях при обучении специалистов судебно-экспертных учреждений МЧС России	46
Гращенко Е.А., Гагарина Т.В., Иванов А.Н. К вопросу о прогнозировании чрезвычайных ситуаций природного характера на основе статистических данных	51

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Лабинский А.Ю., Подружкина Т.А. Особенности использования генетических алгоритмов и нейронных сетей	56
Медведева Л.В., Дубовский О.А., Пелекшин О.М., Ожерельев А.М. Экспериментальное исследование физико-технических свойств жидкости при подготовке специалистов инженерно-технического профиля	61
Мельник О.Е. Подходы к типологии методов пропаганды и обучения дошкольников и младших школьников в области пожарной безопасности	67
Антошина Т.Н., Кабанов А.А. Экспертные системы судебной экспертизы	73
Сведения об авторах	78
Информационная справка	80
Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)	88

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

ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)

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

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России, 2015

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

ПОКАЗАТЕЛИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ МАШИН

**К.С. Иванов, кандидат технических наук, доцент;
А.В. Широухов;
Н.А. Мороз, кандидат технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются основы технического диагностирования спектра технических параметров механических узлов и агрегатов машин. Приведена классификация основных показателей диагностирования, влияющих на надежность, а также методика расчета показателей, обеспечивающих контролепригодность объектов.

Ключевые слова: техническое состояние, отказ, дефект, вероятность ошибки, контролепригодность, работоспособность объекта

INDICATORS OF DIAGNOSTICS OF TECHNICAL PARAMETERS OF UNITS AND AGGREGATES OF MACHINE

K.S. Ivanov; A.V. Shiroukhov; N.A. Moroz.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The article discusses the basics of technical diagnostics of technical parameters of spectrum of mechanical knots and units of cars. A classification of the main indicators of the diagnosis affecting the reliability and methods of calculation of indicators, ensuring the testability of objects.

Keywords: technical condition, failure, defect, error probability, testability, operability of the object

В настоящее время предъявляются высокие требования к узлам и агрегатам машин в области их надежности. Для того чтобы оценить надежность какого-либо объекта, необходимо знать его техническое состояние. Процесс определения с известной точностью технического состояния объекта считается техническим диагностированием. Результатом такого диагностирования должно быть заключение о техническом состоянии объекта с указанием, если это необходимо, места, вида и причины дефекта.

Совокупность средств, объекта и исполнителей, осуществляющих диагностирование, называется системой технического диагностирования. Правила, по которым должно осуществляться диагностирование, называют алгоритмом технического диагностирования.

Эффективность технического диагностирования определяется следующими показателями [1]:

1. Вероятностью ошибки диагностирования, под которой понимают вероятность P_{ij} совместного наступления двух событий: объект диагностирования находится в техническом состоянии i , а в результате диагностирования признано, что он находится в техническом состоянии j . Если $i = j$, то P_{ij} является вероятностью правильного определения технического состояния i объекта.

2. Апостериорной вероятностью ошибки диагностирования, которой называют P_{ij}^A нахождения объекта диагностирования в состоянии i при условии, что получен результат диагностирования, по которому объект находится в состоянии j . Если $i = j$, то P_{ij}^A является апостериорной вероятностью правильного определения технического состояния объекта.

3. Вероятностью правильного диагностирования, то есть полной вероятностью D того, что система диагностирования определяет то техническое состояние, в котором действительно находится объект диагностирования.

4. Средней оперативной продолжительностью диагностирования τ_d .

5. Средней стоимостью диагностирования C_d .

6. Средней оперативной трудоемкостью диагностирования S_d .

7. Глубиной поиска дефекта, то есть указанием составных частей объекта или их участков, с точностью до которых определяется место дефекта.

Следует сразу объяснить, что далеко не все машины, аппараты или приборы, выпускаемые промышленностью, могут быть подвергнуты диагностированию. Для осуществления диагностирования необходимо, чтобы контролируемый объект был контролепригодным.

Под контролепригодностью понимают программно-аппаратную приспособленность объекта к техническому диагностированию в процессе его производства, эксплуатации и ремонта в соответствии с заданными требованиями к эффективности диагностирования, а также взаимную согласованность характеристик изделий, методов диагностирования и характеристик средств диагностирования. Контролепригодность изделий должна обеспечиваться на стадиях разработки и их изготовления.

Контролепригодность изделий характеризуется следующими показателями:

- коэффициентом полноты проверки исправности;
- коэффициентом глубины поиска дефекта;
- длиной теста диагностирования;
- средним временем подготовки объекта к диагностированию заданным числом специалистов;
- средней трудоемкостью подготовки изделий к диагностированию;
- коэффициентом избыточности объекта, то есть относительной массой или объемом составных частей объекта, не участвующих в диагностировании;
- коэффициентом унификации устройств сопряжения объекта со средствами диагностирования;
- коэффициентом трудоемкости подготовки объекта к диагностированию;
- коэффициентом использования специальных средств диагностирования;
- уровнем контролепригодности при дифференциальных и комплексных оценках.

Результат диагностирования зависит не только от состояния объекта, но и от требований, предъявляемых объекту при диагностировании, а они определяются назначением объекта. Поэтому при диагностировании, прежде всего, необходимо выявить диагностические параметры, по значениям которых должен определяться или оцениваться результат диагностирования. Таких параметров может быть произвольное количество, однако необходимо учитывать, что с увеличением количества диагностических параметров возрастают трудоемкость диагностирования и сложность средств диагностирования. Поэтому обычно число параметров диагностирования выбирают от двух до шести.

Обычно выбор диагностических параметров представляет значительную трудность. Во-первых, желательно использовать комплексные параметры, так как контроль одного или двух таких параметров позволяет судить о функциональности объекта. Однако для большинства объектов такие параметры еще не выявлены, и для их выявления необходимо проводить исследовательскую работу. Во-вторых, контроль даже всех параметров, регламентированных в технических условиях на объект диагностирования, обычно не позволяет с полной достоверностью судить о функциональности объекта, и необходимо вводить дополнительные параметры.

В качестве примера можно привести диагностирование подшипников качения. На них ГОСТом установлен ряд параметров: осевой зазор, биения, геометрические размеры. Однако их контроль не обеспечивает достоверного диагностирования, и поэтому на протяжении многих лет изыскиваются комплексные параметры, которые более полно позволяли бы проводить диагностирование подшипников.

После выбора диагностических параметров необходимо установить их номинальные значения для объекта исследования и их допустимые предельные значения.

При диагностировании необходимо также учитывать погрешности измерения диагностических параметров, так как при увеличении этих погрешностей возрастает вероятность ошибки диагностирования.

Результат диагностирования зависит от погрешностей средств диагностирования, а вероятность ошибки диагностирования зависит от вероятностей появления различных технических состояний объекта диагностирования. Поэтому для проведения расчета показателей диагностирования необходимо знать вероятность появления тех или иных технических состояний и среднюю стоимость диагностирования.

Вероятность ошибки диагностирования P_{ij} определяется по формуле [2]:

$$P_{ij} = P_i^0 \sum_{l=1}^k P_l^c P_{jl}^y = \sum_{l=1}^k P_l^c P_{jl}^a P_{ijl}^b,$$

где k – число технических состояний средства диагностирования; P_i^0 – априорная вероятность нахождения объекта диагностирования в состоянии i ; P_{ijl}^y – условная вероятность того, что в результате диагностирования объект будет признан находящимся в состоянии j при условии, что он находится в состоянии i и средство диагностирования находится в состоянии l ; P_{ijl}^a – условная вероятность получения результата «объект диагностирования находится в состоянии j » при условии, что средства диагностирования находятся в состоянии l ; P_{ijl}^b – условная вероятность нахождения объекта в состоянии i , при условиях, что получен результат «объект диагностирования находится в состоянии j » и средство диагностирования находится в состоянии l .

Оценку вероятности ошибки диагностирования вычисляют по формуле:

$$\hat{P}_{ij} = P_i^0 \sum_{l=1}^k P_l^c \frac{r_{jl}}{N_{il}},$$

где N_{il} – общее число операций диагностирования объекта, находящегося в состоянии i , средством диагностирования, находящимся в состоянии l ; r_{jl} – число испытаний, при

которых система диагностирования зафиксировала состояние j . Вероятности P_i^0 и P_i^c определяются методами теории надежности.

Если состояние объекта диагностирования определяется совокупностью n независимых диагностических параметров и средство диагностирования определяет 2^n состояния объекта, то вероятность P_{ij} вычисляют по формуле:

$$P_{ij} = P_i^0 \sum_{l=1}^k P_i^c \prod_{v=1}^n f_{ijvl}, \quad (1)$$

где $f_{ijvl} = P_v - a_{vl}$, если в состоянии i и j объекта диагностический параметр v находится в поле допуска при условии, что средство диагностирования находится в состоянии l ; $f_{ijvl} = a_{vl}$, если в состоянии i объекта диагностический параметр v находится в поле допуска, а в состоянии j он выходит за пределы поля допуска; $f_{ijvl} = \beta_{vl}$, если в состоянии i объекта v находится вне поля допуска, а в состоянии j этот параметр входит в поле допуска; $f_{ijvl} = 1 - P_v - \beta_{vl}$, если в состояниях i или j параметр v находится вне поля допуска; P_v – априорная вероятность нахождения параметра v в пределах поля допуска; a_{vl} – вероятность совместного наступления двух событий; β_{vl} – вероятность совместного наступления двух событий, параметр v находится вне поля допуска, а считается, что находится в его пределах.

Для систем диагностирования, предназначенных только для проверки работоспособности объекта, возможны два состояния: объект работоспособен и объект неработоспособен: $m = 2$. При этом значения индексов i и j соответствуют следующим состояниям объекта: $i = 1$ – работоспособное и $i = 2$ – неработоспособное. Для такой системы возможны два вида ошибок: $i = 1, j = 2$, то есть объект неработоспособен, а признан работоспособным, и $i = 2, j = 1$, то есть объект неработоспособен, а признан работоспособным. Этим случаям соответствуют вероятности P_{12} , P_{21} , которые рассчитывают по формулам:

$$P_{12} = P_1^0 \sum_{l=1}^k P_l^c P_{21l}^y = \sum_{l=1}^k P_l^c P_{2l}^a P_{12l}^b ;$$

$$P_{21} = P_2^0 \sum_{l=1}^k P_l^c P_{12l}^y = \sum_{l=1}^k P_l^c P_{1l}^a P_{21l}^b ,$$

где P_1^0 – априорная вероятность нахождения объекта в работоспособном состоянии; P_2^0 – то же, для объекта диагностирования в неработоспособном состоянии; все остальные символы представляют собой условные вероятности при средстве диагностирования, находящемся в состоянии l : P_{21l}^y – признание работоспособного объекта неработоспособным; P_{12l}^y – признание неработоспособного объекта работоспособным; P_{2l}^a – признание объекта неработоспособным; P_{1l}^a – то же, работоспособным; P_{12l}^b – нахождения объекта

диагностирования в работоспособном состоянии при получении результата диагностирования «объект находится в неработоспособном состоянии»; P_{21l}^b – нахождения объекта диагностирования в неработоспособном состоянии при результате диагностирования «объект работоспособен».

В тех случаях, когда состояние объекта определяется совокупностью n независимых диагностических параметров, вероятности ошибок P_{12} , P_{21} вычисляют по формулам:

$$P_{12} = \sum_{l=1}^k P_l^e \left[\prod_{v=1}^n P_v - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) \right],$$

$$P_{21} = \sum_{l=1}^k P_l^e \left[\prod_{v=1}^n (P_y - a_{vl} + \beta_{vl}) - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) \right].$$

Возможен случай, когда средство диагностирования может находиться в одном из трех состояний: $i = 1$ – работоспособность при правильной индикации своего состояния; $i = 2$ – неработоспособность при индикации работоспособности средства измерения и работоспособности объекта в любом его состоянии; $i = 3$ – неработоспособность при индикации работоспособности средства измерения и неработоспособности объекта при любом его состоянии. В этом случае вероятности ошибок вычисляют по формулам:

$$P_{12} = P_1^0 P_l^e P_{21l}^y + P_1^0 P_2^e = P_1^e P_{2l}^a P_{12l}^b + P_2^e P_{123},$$

$$P_{21} = P_2^0 P_l^e P_{12l}^y + P_2^0 P_2^e = P_1^e P_{1l}^a P_{21l}^b + P_2^e P_{212}.$$

Если при тех же возможных состояниях средства диагностирования состояние объекта диагностирования определяется совокупностью n независимых диагностических параметров, то вероятности ошибок рассчитывают по формулам:

$$P_{12} = P_1^e \left[\prod_{v=1}^n P_y - \prod_{v=1}^n (P_y - a_{v1}) \right] + P_2^e \prod_{v=1}^n P_y;$$

$$P_{21} = \sum_{l=1}^k P_l^e \left[\prod_{v=1}^n (P_y - a_{vl} + \beta_{vl}) - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) \right] + P_2^e \left(1 - \prod_{v=1}^n P_y \right).$$

Следует иметь в виду, что если какой-либо из диагностических параметров не проверяется, то для него:

$$a_{vl} = 0, \beta_{vl} = 1 - P_v.$$

В тех случаях, когда вероятность открытых отказов средств диагностирования пренебрежимо мала, следует полагать $P_1^e = 1, P_2^e = P_3^e = 0$. При этом формулы для определения вероятностей ошибок примут вид:

$$P_{12} = P_1^c \left[\prod_{v=1}^n P_v - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) \right] ;$$

$$P_{21} = \prod_{v=1}^n (P_y - a_{vl} + \beta_{vl}) - \prod_{v=1}^n (P_v - a_{vl}) .$$

Апостериорную вероятность ошибки вычисляют по формуле:

$$P_{ij}^A = \frac{P_{ij}}{\sum_{l=1}^m P_{il}} . \quad (2)$$

Вероятность правильного диагностирования:

$$D = \sum_{i=1}^m P_{ij} = 1 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m P_{ij} .$$

Оценка вероятности правильного диагностирования:

$$\hat{D} = \sum_{i=1}^m \hat{P}_{ij} = 1 - \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^m \hat{P}_{ij} .$$

Если средство диагностирования может находиться в одном из трех состояний: работоспособном при правильной индикации своего состояния, неработоспособном при индикации работоспособного состояния объекта и средств диагностирования и неработоспособном при индикации своего работоспособного состояния и всегда неработоспособного состояния объекта диагностирования, вероятность правильного диагностирования вычисляют по формуле:

$$D = P_1^c \prod_{v=1}^n (1 - a_{vl} - \beta_{vl}) + P_2^c \prod_{v=1}^n P_v + P_3^c \prod_{v=1}^n (1 - P_y) .$$

Если вероятность скрытых отказов средств диагностирования пренебрежимо мала, то:

$$D = \prod_{v=1}^n (1 - a_{vl} - \beta_{vl}) .$$

Средняя оперативная продолжительность диагностирования определяется по формуле:

$$\tau_d = \sum_{i=1}^n \tau_i P_i^0 = \sum_{i=1}^n P_i^0 \sum_{j=1}^k \tau_{ij} P_{ij}^c ,$$

где τ_i – средняя оперативная продолжительность диагностирования объекта, находящегося в состоянии i ; τ_{ij} – оперативная продолжительность диагностирования объекта, находящегося в состоянии i при условии, что средство диагностирования находится в состоянии j .

Величина τ_i включает продолжительность выполнения вспомогательных операций и продолжительность собственно диагностирования.

Оценку средней оперативной продолжительности диагностирования проводят по формуле:

$$\tau_d = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N \sum_{i=1}^m \tau_{idg} P_i^0.$$

Средняя стоимость диагностирования определяется по формуле:

$$C_d = \sum_{i=1}^m C_i P_i^0 = \sum_{i=1}^m P_i^0 \sum_{j=1}^k C_{ij} P_j^c,$$

где C_i – средняя стоимость диагностирования объекта, находящегося в состоянии i ; C_{ij} – стоимость диагностирования объекта, находящегося в состоянии i при условии, что средство диагностирования находится в состоянии j .

Величина C_i включает амортизационные затраты при диагностировании, затраты на эксплуатацию системы диагностирования и затраты, связанные с изнашиванием объекта в процессе диагностирования.

Средняя оперативная трудоемкость диагностирования:

$$S_d = \sum_{i=1}^m S_{di} P_i^0 = \sum_{i=1}^m P_i^0 \sum_{j=1}^k S_{dij} P_j^c.$$

Оценку средней оперативной трудоемкости диагностирования проводят по формуле:

$$\hat{S}_d = \frac{1}{N} \sum_{g=1}^N \sum_{i=1}^m \hat{S}_{idg} P_i^0.$$

Рассмотрим пример расчета показателей диагностирования, подобный приведенному в ГОСТ 23564–79. Диагностирование должно обеспечить контроль технического состояния объекта диагностирования (ОД) с глубиной поиска дефекта до каждого структурного элемента [3]. Для характеристики технического состояния каждого блока выберем четыре диагностических параметра (ДП). При расчетах примем, что все ДП имеют нормальные распределения с математическими ожиданиями, равными номинальным значениям ДП $N_{\mu\nu}$ и средними квадратическими отклонениями $\sigma_{\eta\mu\nu}$.

Далее предположим, что анализ отказов показал, что в процессе диагностирования они могут находиться:

- в состоянии $i = 1$ с вероятностью P_1^c ;
- в состоянии $i = 2$ с вероятностью P_2^c ;
- в состоянии $i = 3$ с вероятностью P_3^c .

Предположим, что систему диагностирования (СД) обслуживают два оператора, причем в процессе отладки системы участвуют оба оператора, а в процессе собственно диагностирования – только один из них.

Расчет начинается с определения нормированных величин: для ДП с двусторонним допуском:

$$X_{\mu\nu} = |\Delta_{\mu\nu}| / \sigma_{\eta\mu\nu}.$$

Для ДП с односторонним допуском:

$$X_{\mu\nu} = \frac{\Delta_{\mu\nu} - N_{\mu\nu}}{\sigma_{\eta\mu\nu}}.$$

Затем определяем:

$$z_{\mu\nu} = \sigma_{\eta\mu\nu}(\text{ПИ}) / \sigma_{\eta\mu\nu}(\text{ДП}).$$

Затем определяют вероятности:

$$\alpha_{\mu\nu 1} = \frac{1}{2\pi} \int_{-x_{\mu\nu}}^{x_{\mu\nu}} e^{-y^2/2} \left[\int_{-\infty}^{\frac{-X_{\mu\nu}-y}{z_{\mu\nu}}} e^{-t^2/2} dt + \int_{\frac{X_{\mu\nu}-y}{z_{\mu\nu}}}^{\infty} e^{-t^2/2} dt \right] dy;$$

$$\beta_{\mu\nu 1} = \frac{1}{2\pi} \left\{ \int_{-\infty}^{-x_{\mu\nu}} e^{-y^2/2} \left[\int_{\frac{-X_{\mu\nu}-y}{z_{\mu\nu}}}^{\frac{X_{\mu\nu}-y}{z_{\mu\nu}}} e^{-t^2/2} dt \right] dy + \int_{x_{\mu\nu}}^{+\infty} \left[\int_{\frac{-X_{\mu\nu}-y}{z_{\mu\nu}}}^{\frac{X_{\mu\nu}-y}{z_{\mu\nu}}} e^{-t^2/2} dt \right] dy \right\}.$$

Вероятность того, что диагностический параметр находится в допустимых пределах, для ДП с двусторонним допуском:

$$P_{\mu\nu} = 2\Phi_0(x_{\mu\nu}).$$

Для ДП с односторонним допуском:

$$P_{\mu\nu} = 0,5\Phi_0(x_{\mu\nu});$$

$$\Phi_0(x_{\mu\nu}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{x_{\mu\nu}} e^{-t^2/2} dt -$$

нормированная функция Лапласа.

Априорная вероятность работоспособности каждого блока определяется:

$$P_{\mu} = \prod_{v=1}^4 P_{\mu v} \quad .$$

Вероятность $P_{1,2,\mu}$ и $P_{2,1,\mu}$ находят по формулам, которые для данного случая принимают следующий вид:

$$P_{1,2,\mu} = \alpha_{\mu 1} = P_{\mu} - \prod_{v=1}^4 (P_{\mu v} - \alpha_{\mu v 1}) \quad ;$$

$$P_{2,1,\mu} = \beta_{\mu 1} = \prod_{v=1}^4 (P_{\mu v} - \alpha_{\mu v 1} + \beta_{\mu v 1}) - \prod_{v=1}^4 (P_{\mu v} - \alpha_{\mu v 1}) \quad .$$

Вероятность правильного диагностирования ОД определяют по формуле:

$$D = P_1^c \prod_{\mu=1}^2 (1 - \alpha_{\mu v} - \beta_{\mu 1}) + P_2^c \prod_{\mu=1}^2 P_{\mu} + P_3^c \prod_{\mu=1}^2 (1 - P_{\mu}) \quad .$$

Рассчитывают матрицу вероятностей ошибок диагностирования вида P_{ij} по формуле (1).

Для иллюстрации развернем данную формулу для P_{11} и P_{24} :

$$P_{11} = P_1^c \prod_{\mu=1}^2 (P_{\mu} - \alpha_{\mu 1}) + P_2^c \prod_{\mu=1}^2 P_{\mu} \quad ;$$

$$P_{24} = P_1^c \alpha_{11} (1 - P_2 - \beta_{21}) + P_3^c P_1 (1 - P_2) \quad .$$

Матрица апостериорных вероятностей ошибок диагностирования вида P_{ij} определяется по формуле (2).

Априорные вероятности состояний ОД определены по формуле:

$$\begin{aligned} P_1^0 &= P_1 P_2; \\ P_2^0 &= P_1 (P - P_2); \\ P_3^0 &= P_2 (1 - P_1); \\ P_4^0 &= (1 - P_1)(1 - P_2) \quad . \end{aligned}$$

Разработка алгоритма диагностирования является одним из важнейших этапов создания автоматических контролирующих установок. При решении этой задачи нужно знать все свойства и параметры объекта диагностирования, необходимые для выбора диагностических параметров, характеристики средств диагностирования, которые можно использовать.

Литература

1. Карташова Л.Н. Достоверность измерений и критерии качества испытаний приборов. М.: Изд-во стандартов, 1967.
2. Воронцов Л.Н., Корнодорф С.Ф. Приборы автоматического контроля размеров в машиностроении: учеб. пособие. М.: Машиностроение, 1988.
3. Якушев А.И., Воронцов Л.Н., Федотов Н.М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. М.: Машиностроение, 1986.

ПОДХОДЫ К ПОСТРОЕНИЮ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА РЕАГИРОВАНИЯ НА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ НА МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДАХ

Д.С. Буданов.

**Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Железногорск**

Статья посвящена разработке имитационной модели процесса реагирования на чрезвычайные ситуации на магистральных газопроводах силами и средствами федеральной противопожарной службы. Рассмотрены основные проблемы, возникающие при планировании и проведении ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на магистральных газопроводах, предложена простая имитационная модель, позволяющая оценить недостаток сил и средств для реагирования на чрезвычайную ситуацию.

Ключевые слова: чрезвычайные ситуации, магистральный газопровод, имитационная модель

APPROACHES TO CONSTRUCTION OF SIMULATION MODELS RESPONDING TO EMERGENCY SITUATIONS ON THE GAS PIPE

D.S. Budanov.

Siberian fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk

The article is devoted to the development of a simulation model of the process to respond to emergencies on gas pipelines and the forces of the federal fire service. The main problems encountered in the planning and conduct of emergency response on gas pipelines, proposed a simple simulation model that allows to assess the lack of manpower and resources for emergency response.

Keywords: emergency, gas pipeline, simulation model

Защита объектов газотранспортной инфраструктуры является одной из актуальных проблем, стоящих перед современной пожарной охраной. Любой пожар на газопроводе, компрессорной станции или любом другом объекте, не локализованный и не ликвидированный своевременно, влечет за собой не только колоссальные экономические последствия, но и может привести к масштабной экологической катастрофе, а также к человеческим жертвам. Одна из наиболее масштабных в истории СССР и России (по количеству жертв среди населения) техногенных катастроф, случилась именно в связи с аварией и последующим пожаром на объекте трубопроводного транспорта. В момент встречного прохождения двух пассажирских поездов в 11 км от г. Аша (Челябинская область) на перегоне Аша – Улу-Теляк

произошел мощный взрыв облака легких углеводородов, образовавшегося в результате аварии на проходящем рядом трубопроводе «Сибирь – Урал – Поволжье». Погибли 575 человек (по другим данным 645), 181 из них – дети, ранены более 600 [1].

Существенные последствия для экологии могут вызвать аварии на объектах газотранспортной инфраструктуры. К таким эффектам можно отнести масштабные высокоинтенсивные природные пожары, эмиссии различных загрязняющих веществ, нарушения естественных ландшафтов и т.д.

Ущерб для экономики может быть как прямым, который заключается в потере природного газа, затратах на ликвидацию и восстановление инфраструктуры. Также ущерб может быть косвенным, заключающимся в потере инвестиций и репутационных рисках.

Еще одной стороной данной проблемы является то, что тушение пожара горючих газов, истекающих под давлением – это весьма сложная задача. Как правило, подавление горения в этих случаях достигается перекрытием газового потока. Нередко быстро перекрыть поток газа не удается и приходится тушить горящий факел. При пожарах природного газа, истекающего из труб диаметром до 150 мм с расходом $75 \text{ м}^3/\text{с}$ пламя имеет высоту до 80 м, диаметр – до 20 м, площадь – до 2000 м^2 . Наиболее эффективно тушение таких пожаров с помощью порошковых огнегасительных составов на основе бикарбонатов калия и натрия. Так, тушение пожара при вертикальном истечении газа с расходом до $75 \text{ м}^3/\text{с}$ достигается при подаче состава на основе бикарбоната калия из двух стволов с общим расходом порошка около 10 кг/с. Труднее всего поддается тушению горящий газ, истекающий вниз или в горизонтальном направлении. Удельный расход порошков при тушении такого пожара повышается на 30–50 %. Воздействие газожидкостных средств на горящий факел, как правило, не позволяет потушить пожар. Одним из наиболее эффективных способов тушения такого пожара является введение газовых средств тушения в магистраль, по которой поступает горючий газ. Одновременно с тушением пожара на газопроводе необходимо осуществлять его охлаждение [2].

Таким образом, проблема противопожарной защиты газопроводов, как существующих, так и строящихся, является актуальной и требует изучения.

Существующие подходы к противопожарной защите газопроводов

Противопожарная защита газопроводов и объектов газопроводной инфраструктуры представляет собой классическую задачу защиты линейных объектов, однако имеет некоторые существенные особенности. Помимо неукоснительного соблюдения требований основных нормативных правовых актов, регулирующих строительство и эксплуатацию объектов газотранспортной инфраструктуры, необходимо предусматривать меры по своевременному реагированию на нештатные ситуации и обеспечивать наличие и постоянную готовность необходимых сил и средств для оперативного реагирования.

Очень важную роль в обеспечении пожарной безопасности на газопроводах играют различные устройства пожарной автоматики. Грамотное проектирование и монтаж автоматических комплексов мониторинга и систем активной противопожарной защиты могут предотвратить значительную долю чрезвычайных ситуаций на объектах газотранспортной инфраструктуры. Однако основой реагирования и обеспечения пожарной безопасности остаются специализированные противопожарные формирования.

Основным документом, регламентирующим порядок привлечения и применения сил и средств для ликвидации последствий аварий на технологических объектах, на которых вероятны аварии с выбросами токсичных и взрывопожароопасных веществ, взрывами в производственных помещениях, в аппаратуре и в наружных установках, которые, в свою очередь, могут привести к поражению людей, разрушению технологического оборудования, сооружений, зданий, нанести вред окружающей природной среде, является так называемый план локализации и ликвидации аварийных ситуаций (ПЛАС).

Целью разработки плана мероприятий по локализации и ликвидации последствий аварии являются:

- определение возможных сценариев возникновения аварийной ситуации и ее развития;
- определение готовности организации к локализации и ликвидации аварийных ситуаций на опасном производственном объекте;
- планирование действий производственного персонала и аварийно-спасательных служб (формирований) по локализации и ликвидации аварийных ситуаций на соответствующих стадиях их развития;
- разработка мероприятий, направленных на повышение противоаварийной защиты и снижение масштабов последствий аварий;
- выявление достаточности принятых мер по предупреждению аварийных ситуаций на объекте.

Однако часто такие планы являются формальными документами и не учитывают особенностей защищаемого объекта. Для эффективного планирования противопожарных мероприятий необходимы исследования динамики аварийности и выявления основных причин, приводящих к возникновению аварийных ситуаций и повреждений [3]. Другой слабостью подхода, основанного на применении ПЛАС, является то, что объектовые штатные и нештатные аварийно-спасательные формирования, как правило, защищают объекты инфраструктуры и промышленные участки трубопроводов. Защита магистральных участков газопроводов (МГ) чаще всего возлагается на подразделения федеральной противопожарной службы, в районе выезда которых проходит участок трубопровода.

Противопожарная защита МГ является весьма трудной задачей, что обусловлено:

- высокой производительностью МГ и значительной протяженностью секций между линейными кранами – свойствами, объективно обуславливающими в случае разрыва трубопровода выброс в окружающую среду больших количеств природного газа;
- прямым контактом МГ с природной средой, предопределяющий наличие разрушающих воздействий, снижающих конструктивную надежность трубопровода;
- неоднородностью грунтовых, гидрогеологических, ландшафтно-топографических, антропогенных и техногенных условий при изменяющихся по трассе конструктивно-технологических и эксплуатационных параметрах самого трубопровода;
- непредсказуемостью точного места возникновения аварии по длине трассы, что усложняет методические подходы к расчету показателей риска на прилегающей к трассе трубопровода территории [4].

Решение данной, технологически сложной и достаточно опасной, задачи возлагается на пожарно-спасательные части общего назначения, укомплектованные штатной техникой и личным составом, ориентированным на решение тривиальных задач противопожарной службы (то есть не проходящим специальное обучение по тушению газовых фонтанов в достаточном объеме и с достаточной регулярностью). Безусловно, к тушению привлекаются специализированные ведомственные формирования, однако в наиболее ответственный момент времени, при прибытии первого подразделения на пожар, оно может оказаться недостаточно подготовленным.

Для решения указанной проблемы предлагается использовать имитационное моделирование возникновения аварийных ситуаций (пожаров) на магистральных трубопроводах и решать задачу оптимизации распределения сил и средств, резервируемых для тушения пожаров. Результаты имитационного моделирования могут быть использованы как при проектировании вновь строящихся объектов трубопроводной инфраструктуры, так и при уточнении ПЛАС на существующие объекты. В данной работе приведены подходы к созданию комплекса имитационных моделей по возникновению пожаров на магистральных трубопроводах и применению сил и средств по их ликвидации.

Имитационная модель противопожарной защиты магистрального трубопровода

В общем случае имеются некоторые пожарно-спасательные части, случайным образом распределенные относительно трассы магистрального газопровода. Силы и средства, имеющиеся в наличии в данных частях можно принять за константу. Пожары, возникающие в районе выезда части с некоторой частотой ϕ характеризуются случайным временем начала t_s , продолжительностью τ и требуют для тушения некоторое произвольное число ресурсов n .

Пусть есть некоторое множество пожаров A , которое соответствует пожарам на магистральном газопроводе, и множество пожаров B , возникающих в остальном районе выезда части. Каждый элемент этих множеств характеризуется кортежем $\langle \phi, t_s, \tau, n \rangle$. Положим, что есть некоторое множество C , такое что:

$$C = \{c \mid (t_s^A + \tau^A) \cap (t_s^B + \tau^B)\} .$$

Если множество C не пустое, это значит, что при возникновении пожара на газопроводе все силы и средства не будут доступны. Дефицит ресурсов составит:

$$d = |n_A - n_B| .$$

В контексте прогнозирования необходимости привлечения сил и средств и составления ПЛАС будут интересовать мощность множества $|C|$ и дефицит d .

Поскольку нет сведений о характере распределений случайных величин, виде функций, описывающих поведение системы, целесообразно строить имитационную модель, руководствуясь общими соображениями, рассмотренными выше. В дальнейшем такая модель может быть достаточно просто уточнена, без качественной перестройки. В качестве инструмента имитационного моделирования будем использовать пакет AnyLogic.

Имитационную модель построим в следующей форме. Пусть есть два потока заявок, поступающих в пожарную часть: поток `ordinary_call` описывает заявки на «обычные» пожары и ЧС; поток `threat_MG` обозначает угрозы магистральному газопроводу. Заявки обслуживаются одним пулом ресурсов `resource_FPS`, имитирующем пожарную часть. Емкость пула ресурсов составляет три единицы. Интенсивность поступления заявок в потоке `ordinary_call` составляет 6,048 заявки/день. Данная величина выбрана по данным работ [5, 6]. При этом для обработки этого типа заявок требуется от одного до трех ресурсов, что определяется случайным равномерно распределенным числом.

Заявки потока `threat_MG` поступают со случайной интенсивностью, характеристики интенсивности – нормально распределенная случайная величина, с математическим ожиданием $m=365$ и среднеквадратическим отклонением $s=100$. Данные величины были выбраны, основываясь на данных работы [3]. Как показано в этой работе, за 10 лет на магистральном участке газопровода «Средневилюйское газоконденсатное месторождение – Мастах – Берге – Якутск» произошло 43 аварийных ситуации и происшествия. Положим, что вмешательства подразделений федеральной пожарной службы данные происшествия требуют примерно 25 % случаев. Таким образом, получаем примерно одну заявку в год. Поскольку шаг дискретизации времени в имитационной модели равен одному дню, получаем значения интенсивности поступления заявок указанные выше. Среднеквадратическое отклонение было выбрано из общих соображений и требует уточнения.

Принципиальная схема имитационной модели приведена на рис. 1.

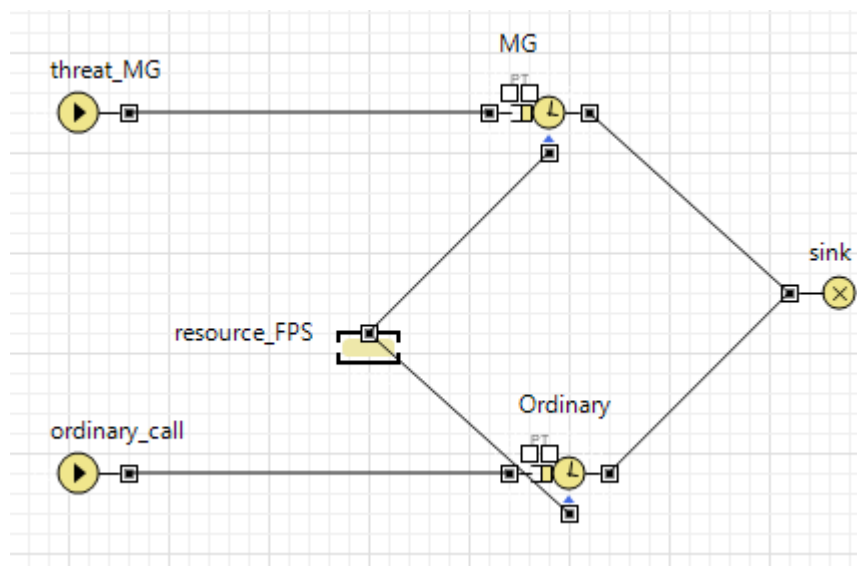


Рис. 1. Принципиальная схема имитационной модели

Рассмотрим результаты моделирования за 10 лет. В первую очередь интересны случаи, когда реагирование на заявку (сообщение об аварийной ситуации на магистральном газопроводе) не могло быть проведено в полном объеме из-за занятости ресурсов, то есть дефицит ресурсов d , как описано выше. Гистограмма распределения таких ситуаций за 100 условных лет моделирования приведена на рис. 2. Большой период моделирования был выбран для достижения статистической значимости результатов.

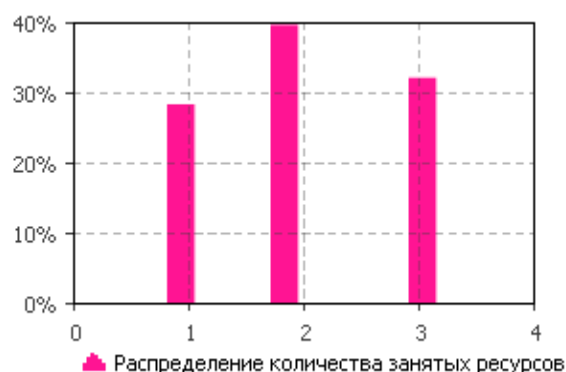


Рис. 2. Распределение количества занятых ресурсов

Всего за исследуемый период произошло 102 пожара на магистральном газопроводе, при этом в 53 случаях ресурсы были доступны не в полном объеме, то есть $|C| = 53$. Как видно из гистограммы, примерно в 30 % случаев были заняты все доступные ресурсы, $d=3$. Точнее говоря, примерно в 17 % случаев свободных ресурсов для своевременного реагирования на ЧС на магистральном газопроводе не окажется.

Имитационная модель в данном виде является крайне упрощенной, однако даже такая модель позволяет делать некоторые выводы и строить прогнозы. Используя общие принципы, описанные в данной работе, можно построить более точную имитационную модель процесса реагирования на ЧС на магистральных газопроводах силами и средствами федеральной противопожарной службы. Для этого необходимо будет собрать более обширную статистику по возникновению ЧС на газопроводах, уточнить коэффициенты уравнений, описывающих поведение системы и законы распределения случайных величин.

После этого, результаты имитационного моделирования можно будет использовать для составления уточненных ПЛАС.

Еще одним, весьма перспективным направлением развития данного подхода, на наш взгляд, является автоматизация составления расписания выездов и поддержка принятия решений при управлении силами и средствами федеральной противопожарной службы в пределах отряда, гарнизона.

Литература

1. Железнодорожная катастрофа под Уфой // Википедия. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Железнодорожная_катастрофа_под_Уфой (дата обращения: 09.10.2015).
2. Учебник спасателя / С.К. Шойгу[и др.]; под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: Сов. Кубань, 2002. 528 с.
3. Чухарева Н.В., Миронов С.А., Тихонова Т.В. Прогнозирование аварийных ситуаций и повреждений магистральных газопроводов в условиях Крайнего Севера // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. № 3. С. 99–107. URL: http://ogbus.ru/authors/Chuhareva/Chuhareva_2.pdf (дата обращения: 09.10.2015).
4. Открытое акционерное общество «Газпром». Стандарт организации. Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО «Газпром» / СТО Газпром 2-2.3-351-2009. М., 2009. 384 с.
5. Коморовский В.С., Мартинович Н.В., Якимов В.А. Имитационная модель выезда караула пожарной части на основе анализа журнала пункта связи пожарно-спасательной части // Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2014. № 4 (12). С. 5–10.
6. Исследование деятельности караула пожарной части методом «process mining» / В.С. Коморовский [и др.] // Технологии техносферной безопасности. Науч. Интернет-журн. 2014. Вып. 3 (55).

РАЗРАБОТКА МЯГКИХ МОДЕЛЕЙ ДИНАМИКИ ФРОНТА И ПЛОЩАДИ ПРИРОДНОГО ПОЖАРА

**В.С. Коморовский, кандидат технических наук.
Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
Научно-технический центр, г. Красноярск**

Рассмотрены подходы к построению мягких моделей динамики площади природных пожаров. В качестве инструмента использовано имитационное моделирование. Проанализирована чувствительность модели к изменению ее параметров.

Ключевые слова: природные пожары, мягкие модели, имитационное моделирование, чувствительность

DEVELOPMENT OF THE WILDFIRE SPREADING SOFT MODELS

V.S. Komorovsky.
Siberian fire and rescue academy of EMERCOM of Russia, Scientific research center, Krasnoyarsk

The approaches of wildfire soft models development have been discussed. The imitational modeling has been used as instrument. The sensitivity of the model has been analyzed.

Keywords: wildfires, soft models, simulation modeling, sensitivity

Несмотря на огромное разнообразие моделей динамики площади и фронта природного пожара, все они работают в квазистационарных условиях: при постоянстве погодных, лесорастительных, орографических и других условий. Однако практически все существенно влияющие на распространение пожара факторы динамически меняются во время развития пожара. Следовательно, для получения наиболее корректных моделей природных пожаров следует использовать системы дифференциальных уравнений, описывающих не только временные изменения, касающиеся непосредственно пожара, но и всех (или почти всех) факторов, влияющих на пожар.

Преимущества такого подхода очевидны, однако есть существенный недостаток, делающий применение такого подхода очень сложным. Вообще говоря, вид функций, описывающих поведение погодных, лесорастительных, орографических условий не известен. Тем не менее, существуют методы, позволяющие делать некоторые выводы о характере даже таких моделей, называемых мягкими.

Предположим, что топологические характеристики системы уравнений, описывающих поведение природного пожара, не меняются при изменении типа функций, описывающих изменения характеристик. Это предположение следует из наблюдений: любой природный пожар развивается по сходному сценарию, в котором есть фазы роста площади и/или скорости и фазы затухания, завершающиеся погасанием. Таким образом, модель должна быть структурно устойчивой.

Целью данной работы является проведение предварительных исследований в области построения мягких моделей динамики площади природного пожара.

Использование для исследования существующих моделей сопряжено с существенными трудностями. Модели динамики площади пожаров, предложенные А.М. Гришиным, Г.А. Доррером, R. Rothermel, M. Finney и др., отличаются большим количеством факторов, принятых к учету. Для целей данного исследования ограничимся упрощенной моделью пожара, которая будет отражать только общий характер поведения динамики площади пожара.

Пусть S – площадь пожара, зависящая от времени и некоторых параметров α и k , S_0 – начальная площадь пожара, в момент времени t_0 . Здесь и далее, под площадью пожара понимается площадь, пройденная огнем к моменту времени t . Таким образом, площадь пожара определяется как:

$$S = f(k, \alpha, t). \quad (1)$$

Изменение площади пожара запишем в следующем виде:

$$\frac{dS}{dt} = k \cdot \alpha \cdot t^{\alpha-1}. \quad (2)$$

Объясним смысл показателей α и k . Показатель k определяет прирост площади в единицу времени, показатель α определяет динамику пожара. Подробно данная модель и условия ее применимости рассмотрены в работах [1, 2]. Расширим эту модель функциями, определяющими зависимость показателей от времени:

$$k = \frac{b \cdot k_0 \cdot e^{c \cdot t}}{b + k_0 \cdot e^{c \cdot t - 1}}, \quad (3)$$

$$\alpha = \begin{cases} \alpha_0 & t \leq t_k \\ \alpha_0 - q \cdot \ln(t) & t_k \leq t \leq p \cdot t_k \\ 0 & t > t_k \end{cases} \quad (4)$$

Здесь k_0 , t_k и α_0 – начальные условия, b , c , q , p – набор констант. Следует пояснить такой большой набор констант. На природный пожар на самом деле действует огромное число факторов. В данной работе сознательно упрощена модель для проверки гипотезы о применимости мягких моделей для описания динамики природных пожаров. Удобно проверить эту гипотезу с помощью имитационной модели. Такая модель была построена в системе AnyLogic. Принципиальная схема имитационной модели приведена на рис. 1.

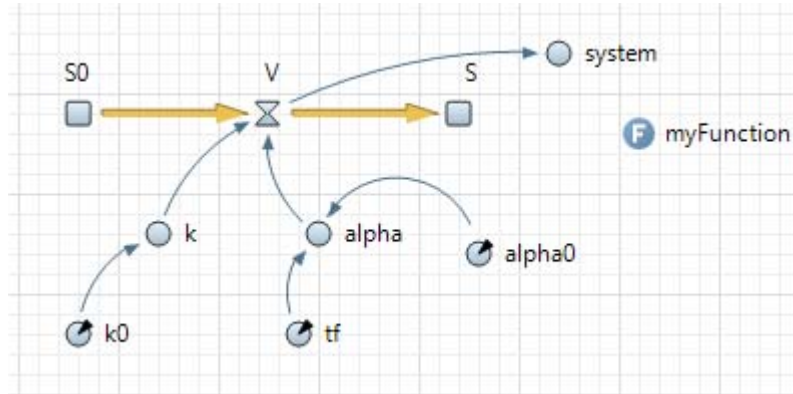


Рис. 1. Принципиальная схема имитационной модели

Имитационная модель структурно состоит из следующих элементов: накопители S0 и S, поток V, динамические переменные k, alpha, system, параметры k0, tf, alpha0 и функция myFunction.

Динамические переменные k и alpha рассчитываются в ходе выполнения модели по формулам (1) и (2) соответственно. Параметры k0, tf, alpha0 сопоставлены начальным условиям k_0 , t_k и α_0 . Накопители S0 и S представляют собой значения площади пожара в моменты времени t_0 и t . Динамическая переменная system и функция myFunction являются служебными и нужны для удобства реализации модели.

Начальные условия задаются при старте модели случайным образом в следующих пределах:

$$\begin{aligned} 0 &\leq k_0 \leq 1 \\ 10 &\leq t_k \leq 100 \\ 2 &\leq \alpha_0 \leq 3 \end{aligned}$$

Распределения данных случайных величин равномерные, однако, могут быть заданы и другие виды распределений, что будет рассмотрено ниже. Результатом выполнения имитационной модели будет график зависимости площади пожара S от времени t. При начальных условиях:

$$\begin{aligned} k_0 &= 0,894 \\ t_k &= 31,378 \\ \alpha_0 &= 2,090 \end{aligned}$$

за 100 единиц модельного времени получим зависимость, показанную на рис. 2.

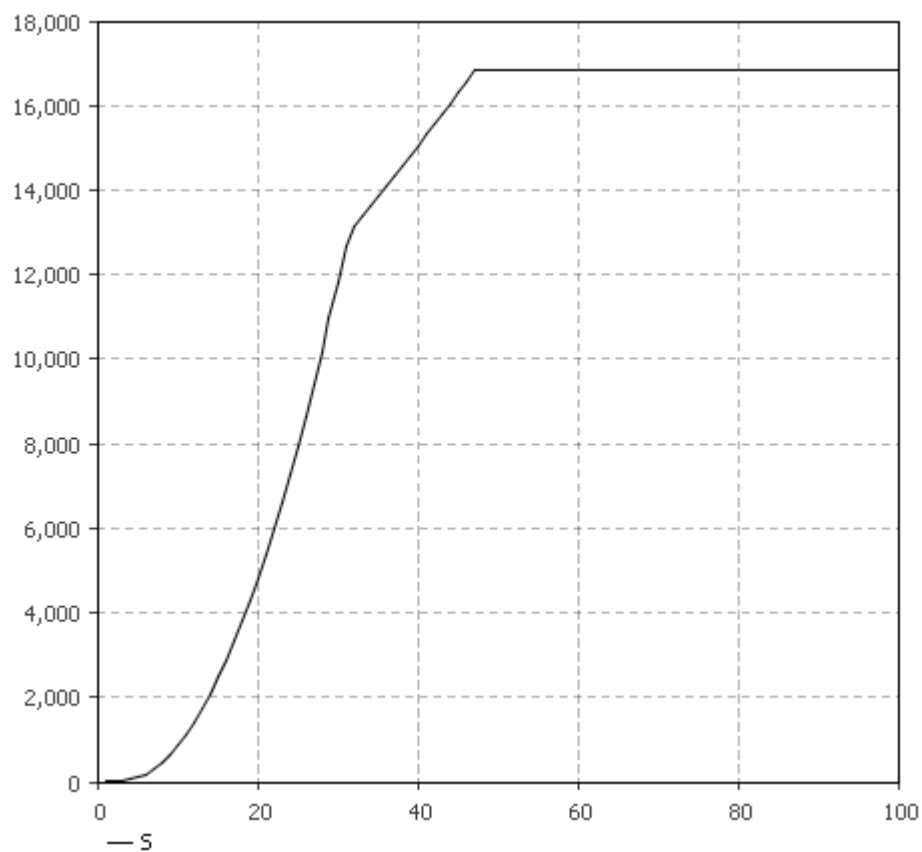


Рис. 2. Результат выполнения модели

Как видно из рис. 2, перелом в развитии пожара наступил в момент времени t_k , а общая площадь составила примерно 17 000 м² или 1,7 га.

Рассмотрим 500 запусков модели с начальными условиями, случайным образом варьируемыми в указанных выше пределах. Результаты приведены на рис. 3.

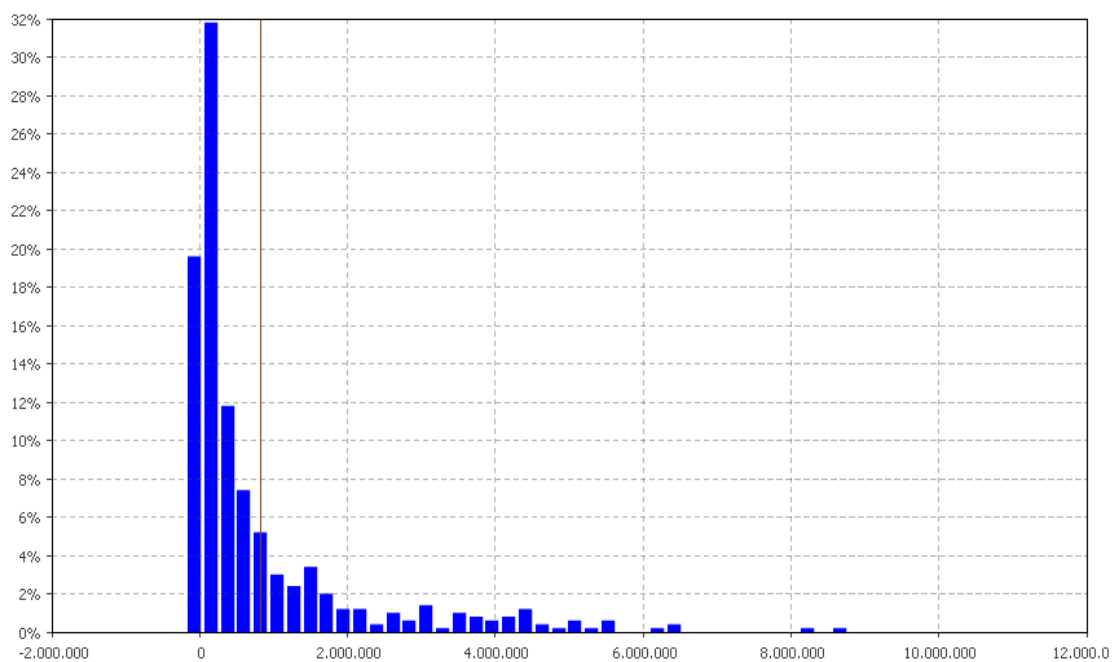


Рис. 3. Результат выполнения модели

Распределение, приведенное на рис. 3, показывает достаточно классическую картину распределения пожаров по площадям в каком-либо регионе (например, работы [1, 3]). Средняя площадь пожара (тонкая вертикальная линия на рис. 3) составляет около 100 га, однако возможны катастрофические пожары с площадью, много большей средней, то есть распределение площадей с так называемым «тяжелым хвостом».

Возникает вопрос, имеющий важное прикладное значение: при каких начальных условиях возможны катастрофические пожары? Практика показывает, что кроме достаточно очевидных ситуаций (низкая влажность, высокая температура воздуха, подходящая скорость ветра и т.д.) катастрофические пожары возможны и при достаточно «безобидных» сочетаниях начальных условий, при малом их изменении. Это говорит о неустойчивости состояния природной среды и лесорастительных условий в момент, предшествующий пожару, и, особенно, в течение пожара. Адекватные модели динамики природных пожаров должны учитывать такую неустойчивость.

Зафиксируем $t_k=50$ и исследуем чувствительность системы к изменениям параметра k_0 в пределах от 0 до 1 с шагом 0,01, одновременно задавая значения α_0 как случайной величины с равномерным распределением. Результат исследования приведен на рис. 4.

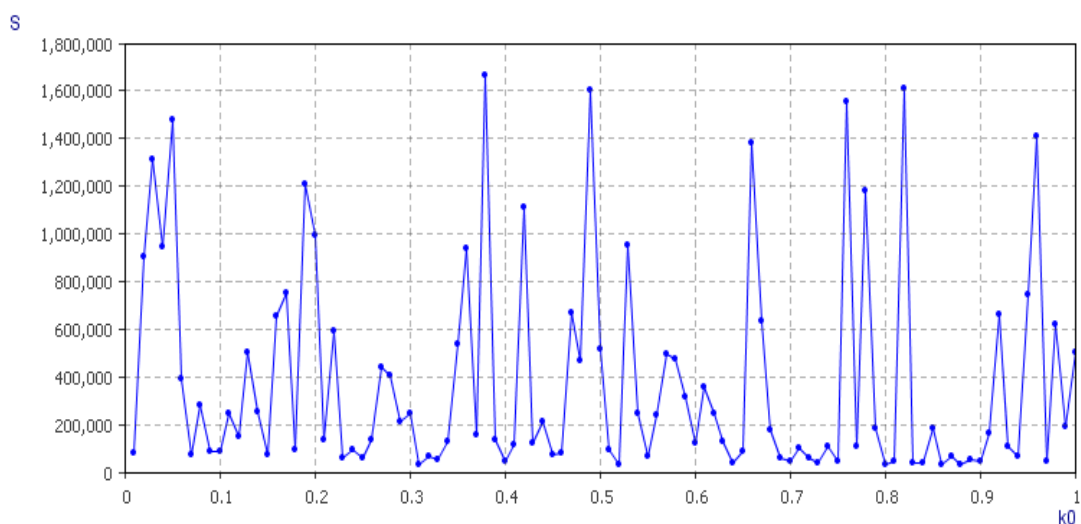


Рис. 4. Исследование чувствительности модели к параметру k_0

Как видно из рис. 4, при малом изменении параметра k_0 и фиксированном t_k возможны резкие (на порядок) скачки значения S . Безусловно, если необходимо получить строгие кривые чувствительности модели к параметрам, следует зафиксировать все параметры, кроме исследуемого. Однако оставим вопросы чувствительности, устойчивости, управляемости и наблюдаемости данной системы для дальнейших исследований.

Предполагая неустойчивость системы в смысле малого изменения начальных условий, тем не менее, следует обеспечить выполнение условия структурной устойчивости модели, которое предполагает, что при изменении вида функций результат качественно не меняется. Предложенная имитационная модель тестировалась при изменении вида функций (3) и (4) на линейные, полиномиальные (до третьей степени), тригонометрические (синус и косинус с разными периодами и фазами). Также распределение случайных величин менялось на нормальное и биномиальное. Качественные результаты, касающиеся вида траектории изменения площади пожара, а также распределения площадей пожаров не изменялись.

Таким образом, применение мягких имитационных моделей позволяет, с одной стороны, обойти некоторые сложности при построении классических моделей, а с другой стороны, учесть важные условия, при которых возникает и развивается природный пожар. Возможно, применение подобных моделей позволит точнее прогнозировать

катастрофические лесопожарные ситуации и эффективнее бороться с их последствиями. Полученные результаты носят предварительный характер и говорят о перспективности дальнейших исследований в данном направлении.

Литература

1. Коморовский В.С. Контроль и прогнозирование параметров крупных лесных пожаров как динамических процессов на поверхности Земли: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2010.
2. Доррер Г.А., Коморовский В.С., Якимов С.П. Методика оценки и прогнозирования параметров крупных лесных пожаров на основе спутниковой информации // Хвойные бореальной зоны. 2011. Т. XXVIII. № 1–2. С. 18–26.
3. Valendik E.N., Verkhovets S.V., Ponomarev E.I., Ryzhkova V.A., Kisilyakhov Ye.K. Large wildfires in taiga subzones of Central Siberia // Журн. Сиб. федер. ун-та. Сер: Биология. 2014. Т. 7. № 1. С. 43–56.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛ И СРЕДСТВ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ НА ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЕ

А.К. Черных, доктор технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Д.С. Буданов.

Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,

г. Железногорск

Представлен подход к моделированию задачи оптимального распределения сил и средств подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России для обеспечения ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций на газотранспортной системе в условиях, когда имеет место дефицит указанных сил и средств. Предложен алгоритм реализации модели оптимального распределения сил и средств подразделений МЧС России на объекте газотранспортной системы, пострадавшем в результате чрезвычайной ситуации, который имеет универсальный характер, что позволит широкому кругу должностных лиц осуществлять оптимальное распределение ограниченных ресурсов различного вида.

Ключевые слова: распределение сил и средств подразделений МЧС России, математические модели, оптимальное решение модели распределения сил и средств подразделений МЧС России на объекте газотранспортной системы

SIMULATION OF DISTRIBUTION OF FORCES AND MEANS UNITS OF STATE FIRE SERVICE OF EMERCOM OF RUSSIA FOR GAS TRANSPORTATION SYSTEM

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

D.S. Budanov. Siberian fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk

The paper presents an approach to modeling the problem of optimal distribution of forces and means of State fire service units of EMERCOM of Russia, to provide disaster relief to the gas

transportation system in an environment where there is a shortage of these capabilities. The algorithm implementation of the model of optimal distribution of forces and means of the units of EMERCOM of Russia in the facility's gas transportation system, affected by the emergency, which has a universal character, allowing a wide range of officials to carry out the optimal allocation of scarce resources of various kinds.

Keywords: distribution of forces and resources units of EMERCOM of Russia, mathematical models, optimal solution model the distribution of forces and resources units of EMERCOM of Russia in the facility's gas transportation system

Отметим, что в случае резкого изменения оперативной обстановки, в условиях возникновения чрезвычайной ситуации (ЧС) природного или техногенного характера, в отличие от повседневного режима, когда использование сил и средств подразделений Государственной противопожарной службы МЧС России (сил и средств подразделений МЧС) происходит по разработанным планам и не нуждается в использовании для управления ими математических методов, возможен дефицит этих сил и средств, что требует нахождения оптимальных вариантов их применения, а это уже представляет актуальную математическую задачу, для решения которой надо использовать математическое моделирование.

Приведенное обстоятельство делает весьма актуальным рассмотрение математической задачи оптимального распределения сил и средств подразделений МЧС на объекте газотранспортной системы (ГТС), на котором для ликвидации последствий ЧС необходимо применение сил и средств МЧС (объект ГТС), для случая, когда имеет место дефицит сил и средств подразделений МЧС.

Отметим, что задачи указанного типа относятся к классу задач распределения неоднородных ресурсов и их решения существенно зависят от предметной области, в рамках которой они реализуются [1–6].

Опыт внедрения методов решения таких задач свидетельствует о том, что применить имеющийся математический аппарат для решения этих задач большинству исследователей, не имеющих фундаментальной математической подготовки, практически невозможно.

Поэтому в статье предложен альтернативный, более простой, подход к решению задачи оптимального распределения сил и средств подразделений МЧС на объекте ГТС, основанный на декомпозиции этой задачи распределения неоднородных ресурсов на две достаточно простые модели, реализуемые не параллельно, как это принято при традиционных методах выработки решения, а последовательно. В качестве таких моделей, описание которых будет приведено ниже, рассмотрим: разработанную авторами математическую модель оптимального распределения сил и средств подразделений МЧС по задачам на объекте ГТС, а также математическую модель, реализующую назначение оптимальным образом имеющихся сил и средств подразделений МЧС для выполнения поставленных задач на объекте ГТС [7].

Следует отметить, что одной из причин, предложенной в статье декомпозиции рассматриваемой задачи оптимального распределения сил и средств подразделений МЧС на объекте ГТС, явилось существование компьютерных приложений Excel и Mathcad, которые предоставляют эффективные способы реализации двух указанных моделей.

Рассмотрим математическую модель оптимального распределения сил и средств подразделений МЧС по задачам на объекте ГТС. Вербальную постановку указанной модели можно сформулировать следующим образом: распределить имеющиеся силы и средства подразделений МЧС по задачам на объекте ГТС таким образом, чтобы минимизировать степень «недовыполнения» наиболее приоритетных из этих задач.

В качестве основы математической постановки указанной модели предлагается использовать постановку, основанную на подходах модели нелинейного целочисленного программирования, которая имеет вид [1–3, 7]:

$$\min_{\{x_i\}} \sum_{i=1}^n C_i \frac{d_i}{x_i} \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^n x_i = G; \quad (2)$$

$$b_i \leq x_i \leq d_i, (i = \overline{1, n}); \quad (3)$$

$$x_i - \text{целые} \quad (i = \overline{1, n}), \quad (4)$$

где x_i – ресурс сил и средств подразделений МЧС, выделяемый для решения i -й задачи на объекте ГТС, измеритель; C_i – показатель важности i -й задачи на объекте ГТС, число (если $C_i > C_j$, то i -я задача является более важной по сравнению с j); G – общий ресурс сил и средств подразделений МЧС, выделяемый для решения задач на объекте ГТС, измеритель; d_i – максимальный ресурс сил и средств подразделений МЧС, который требуется для решения i -й задачи на объекте ГТС, измеритель; b_i – минимальный ресурс сил и средств подразделений МЧС, который требуется для выполнения i -й задачи на объекте ГТС, измеритель; n – количество задач на объекте ГТС, распределение ресурса сил и средств подразделений МЧС, между которыми необходимо выполнить одновременно в заданный промежуток времени, шт.

Следует отметить, что в этой модели существенно предполагается однородность распределяемого ресурса, что позволяет не усложнять модель дополнительным определением эффективности выполнения x_i -м ресурсом сил и средств подразделений МЧС i -й задачи, а гораздо проще сделать это в рамках второй предлагаемой модели.

Отметим, что в приведенной модели предполагается, что имеет место соотношение

$$\sum_{i=1}^n d_i > G.$$

Заметим также, что модель (1–4) можно упростить за счет замены ограничения (3) ограничением $0 \leq x_i \leq a_i$, где a_i – ресурс сил и средств подразделений МЧС, который требуется для решения i -й задачи на объекте ГТС.

Модель (1–4) относится к классу целочисленных моделей нелинейного программирования. В настоящее время для моделей такого класса не существует универсальных алгоритмов их решения.

Наиболее употребительными методами, используемыми при этом, являются различные комбинаторные методы, основанные на упорядоченном переборе допустимых решений с последующим выбором оптимального из них – метод ветвей и границ, отсекающих плоскостей, динамического программирования и т.д. [8–11].

Алгоритм решения математической модели (1–4), предложенный в статье, имеет вид:

Шаг 1. Если $\sum_{i=1}^n x_i \leq G$, то $x_i = d_i$ ($i = \overline{1, n}$) и переход на шаг 12. Если же $\sum_{i=1}^n x_i > G$,

то из рассматриваемого множества задач, которые должны быть выполнены на объекте ГТС последовательно удаляем те из них, которые имеют наименьшую важность до тех пор, пока суммарная минимальная потребность в силах и средствах подразделений МЧС для оставшихся задач не станет меньше или равной выделенному ресурсу G .

Шаг 2. Рассматривается модель вида:

$$\min_{\{x_i\}} \sum_{i=1}^n C_i \frac{d_i}{x_i}$$

при ограничении $\sum_{i=1}^n x_i = G$.

Компоненты вектора-решения $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ этой модели определяются следующим образом:

$$x_i^* = G \sqrt{c_i d_i} / \sum_{j=1}^n \sqrt{c_j d_j}. \quad (5)$$

Шаг 3. Проверка выполнимости ограничительных условий для компонент найденного решения $b_i \leq x_i^* \leq d_i$ ($i = \overline{1, n}$). Если все компоненты удовлетворяют требуемым ограничениям, то решение модели (1–3) найдено и переход на шаг 9.

Шаг 4. Значения тех x_i^* , которые удовлетворяют условию $x_i^* \leq b_i$ полагаем равными b_i и рассматриваем следующую модель:

$$\min_{\{x_i\}} \sum_{i \in N} C_i d_i / x_i$$

при ограничении $\sum_{i \in N} x_i = G - \sum_{i \notin N} b_i$, где $N = \{i : i = 1, 2, \dots, n, b_i \leq x_i^*\}$.

По формуле (5) находим решение этой модели и переход на шаг 3. Если $\forall x_i^* \geq b_i$, то переход на шаг 5.

Шаг 5. Для всех задач на объекте ГТС, для которых $i \in N$, корректируем потребности этих задач в силах и средствах подразделений МЧС и соответственно величину общего ресурса сил и средств подразделений МЧС:

$$d_i := d_i - b_i, \quad G := G - \sum_{i \in N} b_i. \quad (6)$$

Шаг 6. Проверка выполнимости условий $x_i^* \leq d_i$ ($i \in N$). Если все компоненты вектора-решения удовлетворяют этим ограничениям, то переход на шаг 8.

Шаг 7. Значения тех x_i^* , которые удовлетворяют условию $x_i^* > d_i$, полагаем равными d_i и рассматриваем следующую модель:

$$\min_{\{x_i\}} \sum_{i \in M} C_i d_i / x_i \quad \text{при ограничении} \quad \sum_{i \in M} x_i = G - \sum_{i \notin M} d_i,$$

где $M = \{i : i = 1, 2, \dots, n, x_i^* \leq d_i\}$. В соответствии с формулой (5) находим решение этой модели и переход на шаг 6.

Шаг 8. Формируем компоненты вектора-решения модели (1–3):

$$x_i^* := b_i + x_i^* \quad \text{для} \quad i \in N.$$

Шаг 9. Если все компоненты вектора-решения модели (1–3) – X^* являются целочисленными, то решение исходной модели (1–4) найдено и переход на шаг 12.

Шаг 10. Если в векторе X^* отсутствуют целочисленные компоненты, то переход на шаг 11. Если же у вектора X^* m ($m < n$) целочисленных компонент, то «отсекаем» их и, перенумеровав оставшиеся нецелочисленные компоненты, получаем новый вектор $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$, где значение n пересчитывается в значение $(n-m)$. Значение G в ограничениях модели (1–4) корректируем следующим образом:

$$G := G - \sum_{j \in J} x_j^*, \text{ где } J = \{ j : x_j^* - \text{целые} \}. \quad (7)$$

Шаг 11. Вычисление множества значений $Z_i = c_i d_i / [x_i^*] - c_i d_i / ([x_i^*] + 1)$ ($i = \overline{1, n}$) и выбор N_1 максимальных из них. N_1 определяется по формуле:

$$N_1 = G - \sum_{i=1}^n [x_i^*].$$

Решением исходной модели (1–4) является вектор, включающий «отсеченные» на шаге 10 целочисленные компоненты, а также N_1 компонент, имеющих значение $[x_i^*] + 1$ и $(n - N_1)$ компонент со значением $[x_i^*]$.

Шаг 12. Останов.

Первая часть декомпозиции указанной математической задачи на модели выполнена – силы и средства подразделений МЧС, которые в первой модели были определены как однородные, распределены оптимальным образом по задачам на объекте ГТС.

Однако предлагаемый алгоритм, распределяя указанные силы и средства подразделений МЧС, не учитывает специфику их применения для решения задач на объекте ГТС, которая характеризуется отличием степеней эффективности применения сил и средств подразделений МЧС в силу их различной оснащенности специальной техникой.

Указанные недостатки устраняются при использовании модели, реализующей назначение, оптимальным образом, имеющихся сил и средств подразделений МЧС для выполнения поставленных задач.

Приведем математическую постановку указанной модели:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \max \quad (8)$$

при ограничениях:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \quad (i = \overline{1, n}), \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1, \quad (j = \overline{1, n}), \quad (10)$$

$$x_{ij} = 0 \text{ или } 1 \text{ для всех } i \text{ и } j, \quad (11)$$

где c_{ij} – эффективность использования i -го ресурса сил и средств подразделений МЧС из состава сил и средств подразделений МЧС для выполнения работ на j -м объекте ГТС; $x_{ij} = 1$ свидетельствует о назначении i -го ресурса сил и средств подразделений МЧС из состава сил и средств подразделений МЧС для выполнения работ на j -м объекте ГТС.

Сущность решения модели (8–11) заключается в нахождении оптимального, по критерию максимизации эффективности применения, назначения сил и средств подразделений МЧС для выполнения работ в рамках решения задач по ликвидации последствий ЧС на газотранспортной системе.

Следует отметить, что если показатели c_{ij} ($i, j = \overline{1, n}$) входят в состав аддитивной свертки экономического критерия – минимизации финансовых затрат при назначении сил и средств подразделений МЧС для выполнения поставленных задач, то есть целевая функция модели (8–11) имеет вид $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min$, то полученная модель представляет стандартный вид модели назначений [7].

Корректность предлагаемого метода решения модели (1–4) вытекает из справедливости следующих, легко доказываемых, утверждений.

Утверждение 1. Существует единственное оптимальное решение $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ модели (1), (2), определяемое методом множителей Лагранжа и имеющее вид:

$$x_i^* = G \sqrt{c_i d_i} / \sum_{j=1}^n \sqrt{c_j d_j}, \quad i = \overline{1, n}.$$

Утверждение 2. Пусть x_k^* – одна из компонент вектора-решения модели (1), (2) и пусть эта компонента не удовлетворяет условию $x_k^* \leq d_k$. Тогда компоненты вектора-решения модели:

$$\sum_{i \in I} C_i \frac{d_i}{x_i} \rightarrow \min, \quad \sum_{i \in I} x_i = G - d_k,$$

где $I = \{i : i \neq k, i = 1, 2, \dots, n\}$, больше соответствующих компонент вектора-решения модели (1)–(2) для $\forall i \in I$.

Утверждение 3. Если в решении модели (1), (2) k -я компонента вектора-решения удовлетворяет условию $x_k^* > d_k$, то вектор, доставляющий минимум целевой функции модели (1–3), в качестве k -й компоненты должен иметь $x_k^* = d_k$.

Утверждение 4. Пусть $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ – решение модели (1–3) и пусть x_k^* – нецелочисленная компонента найденного решения. Тогда $\min_{x_i \in J} F(X)$, где $F(X) = \sum_{i=1}^n C_i d_i / x_i$,

$J = \{x_i : x_i - \text{целые}, b_i \leq x_i \leq d_i\}$, равен значению $\min(F(X'), F(X''))$, где $X' = (x_1', x_2', \dots, [x_i^*], \dots, x_n')$ и $X'' = (x_1'', x_2'', \dots, [x_i^*] + 1, \dots, x_n'')$ – векторы, компоненты которых удовлетворяют условию (2).

Отметим, что здесь и далее через $[x_i^*]$ обозначим целую часть числа x_i^* .

Следствие (из утверждения 4). Значение целевой функции $F(x)$ модели (1–4) по любой i -й нецелочисленной компоненте не может быть улучшено на векторах, удовлетворяющих условию (2), а в качестве i -й компоненты имеющих значения, отличные от $[x_i^*]$ и $[x_i^*] + 1$. Тем самым это означает, что решение модели (1–4) следует искать среди множества значений $[x_i^*]$ и $[x_i^*] + 1$ ($i = \overline{1, n}$), удовлетворяющих условию (2).

Утверждение 5. Пусть $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ – полностью нецелочисленное решение модели (1–3) и $N_1 = G - \sum_{i=1}^n \lfloor x_i^* \rfloor$. Выберем N_1 наибольших значений из совокупности $z_i = c_i d_i / \lfloor x_i^* \rfloor - c_i d_i / (\lfloor x_i^* \rfloor + 1)$, $i = \overline{1, n}$. Тогда каждому из выбранных z_i в векторе X^* , являющимся решением модели (1–4), соответствует компонента со значением $\lfloor x_i^* \rfloor + 1$.

Поскольку данное утверждение имеет существенное значение при доказательстве оптимальности предложенного алгоритма, то приведем его доказательство.

Действительно, пусть $X^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ – решение модели (1–3) и пусть при этом все x_i^* нецелочисленные (в противном случае, нецелочисленности переменных можно добиться путем «отбрасывания» целочисленных компонент вектора-решения и соответствующей корректировки балансового условия исходной модели). В соответствии с утверждением 4 в решение исходной модели (1–4) будут входить компоненты $\lfloor x_i^* \rfloor$ и $\lfloor x_i^* \rfloor + 1$. Поэтому выберем N_1 компонент вектора X^* со значениями $\lfloor x_i^* \rfloor + 1$ таких, что $z_1 \geq z_2 \geq \dots \geq z_{N_1} \geq z_{N_1+1} \geq \dots \geq z_n$ (при этом, в случае необходимости, индексы всегда могут быть перенумерованы соответствующим образом).

Докажем теперь, что выбранное таким образом решение исходной целочисленной модели является оптимальным, то есть докажем, что:

$$\sum_{i=1}^{N_1} c_i d_i / (\lfloor x_i^* \rfloor + 1) + \sum_{i=N_1+1}^n c_i d_i / \lfloor x_i^* \rfloor \leq \sum_{i=1, i \neq k}^{N_1} c_i d_i / (\lfloor x_i^* \rfloor + 1) + c_k d_k / \lfloor x_k^* \rfloor + \sum_{i=N_1+1, i \neq l}^n c_i d_i / \lfloor x_i^* \rfloor + c_l d_l / (\lfloor x_l^* \rfloor + 1)$$

при $\forall k < l$, удовлетворяющих условиям: $1 \leq k \leq N_1$, $N_1 \leq l \leq n$.

Для доказательства этого неравенства необходимо убедиться в справедливости соотношения:

$$c_k d_k / (\lfloor x_k^* \rfloor + 1) + c_l d_l / \lfloor x_l^* \rfloor \leq c_k d_k / \lfloor x_k^* \rfloor + c_l d_l / (\lfloor x_l^* \rfloor + 1)$$

или, что тоже самое,

$$c_k d_k / \lfloor x_k^* \rfloor - c_k d_k / (\lfloor x_k^* \rfloor + 1) \leq c_l d_l / \lfloor x_l^* \rfloor - c_l d_l / (\lfloor x_l^* \rfloor + 1).$$

Справедливость последнего соотношения вытекает из выбора z_k и z_l , что и доказывает утверждение.

Таким образом, в статье приведена декомпозиция задачи оптимального распределения сил и средств подразделений МЧС на объекте ГТС (по задачам ликвидации последствий ЧС), в случае, когда имеет место дефицит указанных сил и средств, на две достаточно простые модели, обе из которых являются оптимизационными и представляют самостоятельный научный интерес. Для первой из этих моделей предложен эффективный, с вычислительной точки зрения, алгоритм, который, обладая свойством универсальности, может применяться для решения задач распределения ограниченного ресурса любой природы.

Отметим, что на основе этого алгоритма разработана компьютерная программа.

Статья может представлять интерес для должностных лиц, занимающихся в рамках повышения эффективности автоматизированных систем управления вопросами оптимального

применения сил и средств МЧС, а также для профессорско-преподавательского состава, осуществляющего обучение курсантов университета по математическим дисциплинам.

Литература

1. Примакин А.И., Черных А.К., Яковлева Н.А. Применение методов математического моделирования для оптимизации распределения сил и средств полиции при осложнении оперативной обстановки // Вестник С.-Петерб. ун-та МВД России. 2015. № 2 (66). С. 148–153.
2. Костюк А.В., Черных А.К. Об оптимальном распределении временного ресурса по изучаемым темам // Теоретические и прикладные вопросы образования и науки: сб. науч. трудов по материалам Междунар. науч.-практ. конф. Тамбов, 2014. С. 50–51.
3. Черных А.К. Теоретические положения моделирования распределения сил и средств внутренних войск по служебно-боевым задачам // Междисциплинарные исследования в сфере интеграции образования и науки: сб. науч. трудов науч.-пед. состава С.-Петерб. воен. ин-та внутр. войск МВД России. СПб., 2014. С. 151–155.
4. Кукса А.И., Михалевич В.С. Методы последовательной оптимизации в дискретных сетевых задачах распределения ресурсов. М.: Наука, 1983.
5. Гупал А.М., Михалевич В.С., Норкин В.И. Методы невыпуклой оптимизации. М.: Наука, 1987.
6. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. Алгоритм оптимального распределения дискретных неоднородных ресурсов на сети // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1997. Т. 37. № 1. С. 54–60.
7. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 1.
8. Вагнер Г. Основы исследования операций. М.: Мир, 1972. Т. 2.
9. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. Алгоритм ветвей и границ для одного класса задач теории расписаний // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1992. Т. 32. № 12. С. 2000–2005.
10. Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. Модификация метода решения одного класса задач целочисленного программирования // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1997. Т. 37. № 2. С. 179–183.
11. Алексеев О.Г., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. Применение двойственности для повышения эффективности метода ветвей и границ при решении задачи о ранце // Журнал вычислительной математики и математической физики. 1985. Т. 25. № 11. С. 1666–1673.



ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОПТИЧЕСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ С МНОГОМЕРНЫМИ ИЗМЕРЕНИЯМИ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ АНАЛИТИЧЕСКИХ ОБРАЗОВ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ МАСЕЛ

Н.И. Егорова, кандидат физико-математических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

И.О. Конюшенко, кандидат физико-математических наук;

В.М. Немец, доктор технических наук, профессор.

Санкт-Петербургский государственный университет

Показана возможность применения статистического метода распознавания образов в варианте метода главных компонент для решения задач идентификации нефтепродуктов.

Ключевые слова: метод распознавания образов, оптическая абсорбционная спектроскопия, нефтепродукты

INVESTIGATION OF POSSIBILITIES OF USING OPTICAL SPECTROSCOPY WITH MULTIDIMENSIONAL MEASUREMENTS FOR CREATION OF ANALITICAL IMAGES OF LIQUID MINERAL TECHNICAL OILS

N.I. Egorova. Saint-Petersburg university of the State fire service of EMERCOM of Russia.

I.O. Konyushenko; V.M. Nemetz. Saint-Petersburg state university

The possibility of using the statistical method of pattern recognition in a variant of the method of principal components to solve the problem of petroleum products identification is shown.

Keywords: pattern recognition, absorption spectroscopy, identification of oil-products

В настоящее время довольно широко развиваются методы распознавания образов (МРО) применительно к тестированию (классификация и идентификация жидких объектов сложного молекулярного состава [1, 2]). Одним из направлений такого подхода являются разработки с использованием многомерных измерений в оптической абсорбционной спектроскопии.

На этапе разработки МРО осуществляются исследования эффективности информационных признаков исследуемых объектов.

Результаты подобного рода исследований возможностей абсорбционной спектроскопии применительно к таким нефтепродуктам, как технические масла, являются предметом обсуждения в предлагаемой работе.

1. Сущность метода и основные представления.

Основой группы МРО во всех приложениях является понятие образа объекта исследования.

Понятие «образ объекта» имеет достаточно широкий смысл, что связано с широким спектром направлений исследований, в которых применяются МРО. В общем случае понятие «образ» характеризует совокупность информационных признаков, настолько полную, что имеется возможность надежно (с установленной вероятностью ошибки) отличить между собой однородные объекты, составляющие класс. В аналитике под словом «класс» подразумевается группа объектов, как правило, однородных по составу (по крайней мере, по основным компонентам) или иным признакам, включающая в себя все объекты, идентичность контролируемого вещества одному из которых может быть установлена. Подчеркнем, что МРО применяются для идентификации исследуемого объекта, то есть установления его идентичности одному из известных веществ, составляющих класс по тому или иному параметру.

При решении задачи идентификации того или иного объекта, то есть установления его идентичности одному из объектов данного класса, построенного по некоторым их характерным признакам, в качестве последних могут фигурировать различные параметры. Например, класс могут образовать технические масла одного производителя, но разных марок, или технические масла одной марки, но разных производителей, конденсаты, и др.

В случаях, когда в качестве образа используется спектроскопическая информация, его информационными признаками могут быть значения интенсивности излучения на большом числе определенных длин волн, а также значения коэффициентов, характеризующих оптические свойства веществ (например, коэффициент поглощения и др.). Следовательно, оптическим образом в данном случае может служить тот или иной спектр оптических характеристик объекта, зарегистрированный в достаточно широком диапазоне длин волн.

Безусловно, далеко не всякая оптико-спектральная характеристика объекта может являться его надежным образом. Качество образа определяется, с одной стороны, его пригодностью к идентификации объекта внутри класса объектов, принятых за стандартные, а с другой стороны, минимальностью информационных признаков, составляющих образ. Так, например, при использовании в качестве образа нефтепродукта его спектральных характеристик требование минимальности числа признаков и надежности идентификации приводят к необходимости выбора для формирования образа таких участков спектральной характеристики, различия в которых при переходе от образа к образу внутри класса объектов (нефтепродуктов) максимальны.

Конкретный вид образа зависит не только от состава объекта, но и от условий формирования образа. Поэтому оптико-спектральный образ, то есть сложный спектр как единое целое представляет собой образ объекта, взятого в конкретных условиях, сформированный в соответствии с конкретным методом, на конкретном приборном обеспечении. В процессе регистрации спектра должны контролироваться внешние и внутренние параметры объекта (температура, давление, влажность и др.). Кроме того, необходимым требованием к образу с аналитической точки зрения должна служить воспроизводимость образа в фиксированных условиях, а также его независимость (или известная зависимость) от времени.

Таким образом, первым этапом аналитического процесса для идентификации исследуемого объекта с использованием распознавания образов следует считать формирование оптико-спектрального образа одним из аналитических спектроскопических методов (эмиссия, поглощение, рефракция, флуоресценция и др.).

Говоря о методах математической обработки оптико-спектральных образов, следует заметить, что при решении поставленной задачи формируемые образы объектов – веществ, составляющих класс, считаются реализациями многомерных случайных величин. В рамках используемой модели вид распределения для каждого из объектов класса считается нормальным. Параметры нормального распределения (математическое ожидание и ковариационная матрица) могут быть оценены путем многократного формирования образа данного вещества, то есть из нескольких реализаций одной случайной величины. На рис. 1 приведена иллюстрация для случая двух веществ и двумерного статистического пространства, то есть образ вещества представляет собой двумерный вектор вида (x_1, x_2) . По вертикальной оси отложена плотность распределения случайной величины. Сформированный образ объекта в рамках метода является реализацией одной из случайных величин класса.

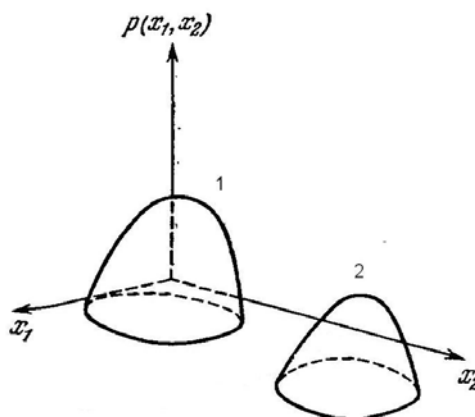


Рис. 1. Случай двух веществ и двумерного пространства

В целом задача процедуры математической обработки состоит в определении, к какой области из случайных величин данная реализация относится с наибольшей вероятностью. Указанная процедура строится на понятии условной вероятности и теореме Байеса [3].

Необходимым элементом МРО является оптимизация размерности образа. С одной стороны, высокая размерность образа повышает его информативность и селективность, а, следовательно, вероятность его надежной идентификации. С другой стороны, чрезвычайно высокая размерность образа затрудняет построение систем математической обработки информации, увеличивает время работы обрабатывающих систем. Применительно к оптико-спектральному подходу, образы объектов могут иметь чрезвычайно высокую размерность, так как можно взять сколько угодно большое число точек на шкале длин волн (это число ограничивается разрешающей способностью и спектральным диапазоном). В этом случае для формирования образа априорно берется избыточное число точек, а затем решается задача сокращения размерности образа до оптимальной. Оптимальной считается размерность, сведенная к минимуму, при условии, что при этом не произошло существенной потери информативности образа.

В данной работе для сокращения размерности оптико-спектральных образов применен известный метод главных компонент (МГК) [4], представляющий собой способ выявления наибольших различий между объектами внутри класса. Смысл МГК может быть пояснен как поворот первоначального многомерного статистического пространства определенным образом. Первый орт нового базиса определяет направление, вдоль которого различия между образами максимальны из всех возможных. Второй орт определяет направление, вдоль которого различия максимальны из оставшихся, после определения первого орта и т.д. Иными словами, первый орт новой системы наиболее информативен,

второй – наиболее информативен после первого и т.д. Выбирая для дальнейшего рассмотрения определенное число ортов с последовательными номерами, можно сформировать пространство любой размерности, более низкой, чем первоначальная, и сохранить при этом наибольшее количество информации. Реально выбирается такое число ортов, при котором обеспечивается достаточно высокая вероятность взаимного соответствия образов различных образцов, принадлежащих одному и тому же подклассу. И если такое достигнуто, то созданная аналитическая система и обеспечивающий ее работу аппарат многофакторной математической статистики готовы для выполнения процесса идентификации объектов рассматриваемого класса.

В целом разработка аналитического подхода с использованием МРО с целью идентификации веществ состоит в следующем.

1) С учетом особенностей решаемой конкретной задачи выбор способа формирования образов и варианта метода их распознавания.

2) Создание автоматизированной аналитической системы, способной формировать, хранить и сопоставлять образы различных веществ – объектов, принадлежащих к одному определенному классу, каждое из которых являет собой тот или иной подкласс.

3) Для выбранного класса объектов на основе установленной совокупности информационных признаков и их статистического разброса формируются образы каждого из объектов класса. Каждый из таких объектов условно определяется как стандартный, и его образ хранится в памяти аналитической системы.

4) В тех же условиях, на той же самой аналитической системе и по тому же методу формируется образ контролируемого объекта (неизвестного, но принадлежащего к данному классу в реальной аналитической задаче идентификации).

5) Образ контролируемого объекта сопоставляется с образами известных объектов – членов класса, хранящимися в памяти системы.

6) Формируется заключение в виде ответов на вопросы:

- какому объекту класса соответствует тестируемый;
- какова вероятная ошибка установленного соответствия.

Ниже иллюстрируется практическая применимость такого подхода для целей идентификации нефтепродуктов на примере такого класса веществ, как моторные масла.

2. Создание методики идентификации моторных масел МРО на основе абсорбционных оптико-спектральных измерений.

Применение изложенного выше подхода для идентификации образцов моторных масел состоит, прежде всего, в исследовании оптико-спектральных особенностей отобранных условно стандартных объектов этого класса (класс – моторные масла). Затем следует разработка методики формирования абсорбционно-спектральных образов объектов этого класса, отработка процедуры оптимизации размерности образов, построение математического аппарата идентификации, создание действующего макета идентификационной аналитической системы и ее испытание.

Реализация такого алгоритма включает:

1) Подборку максимально большого числа различных образцов моторных масел, являющихся условно стандартными объектами.

2) Абсорбционно-спектральные исследования отобранных образцов моторных масел с целью:

- определения областей спектра, обеспечивающих наиболее эффективные измерения;
- разработки методики формирования образов масел;
- оценки воспроизводимости формируемых образов.

3) Разработка на основе методов многомерной математической статистики (метод главных компонент – МГК) методики сокращения размерности образов с целью ее оптимизации, обеспечивающей допустимое время работы систем, обрабатывающих результаты измерений.

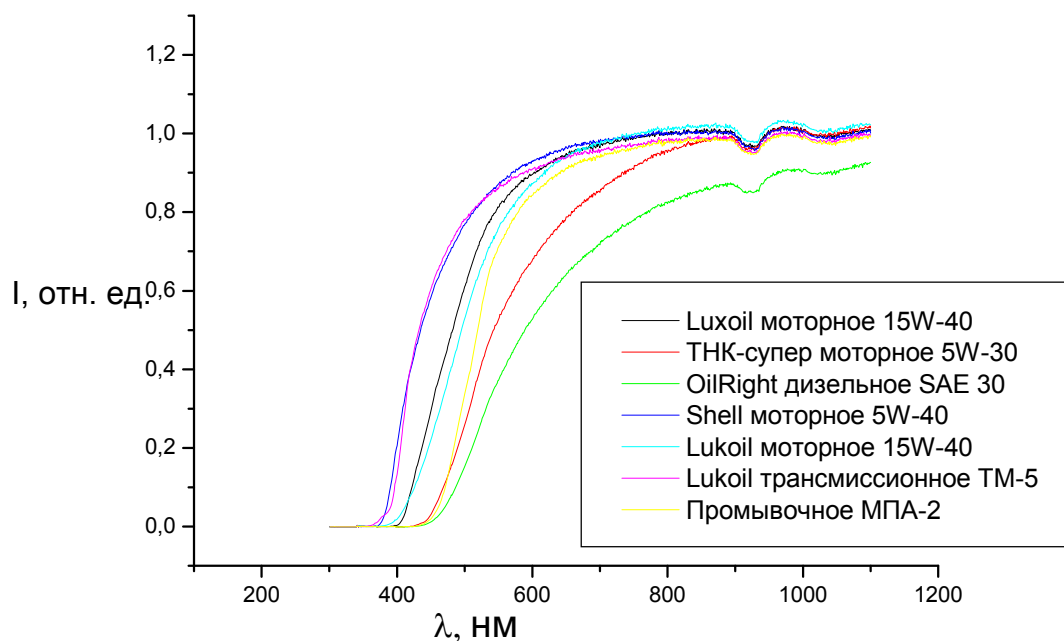
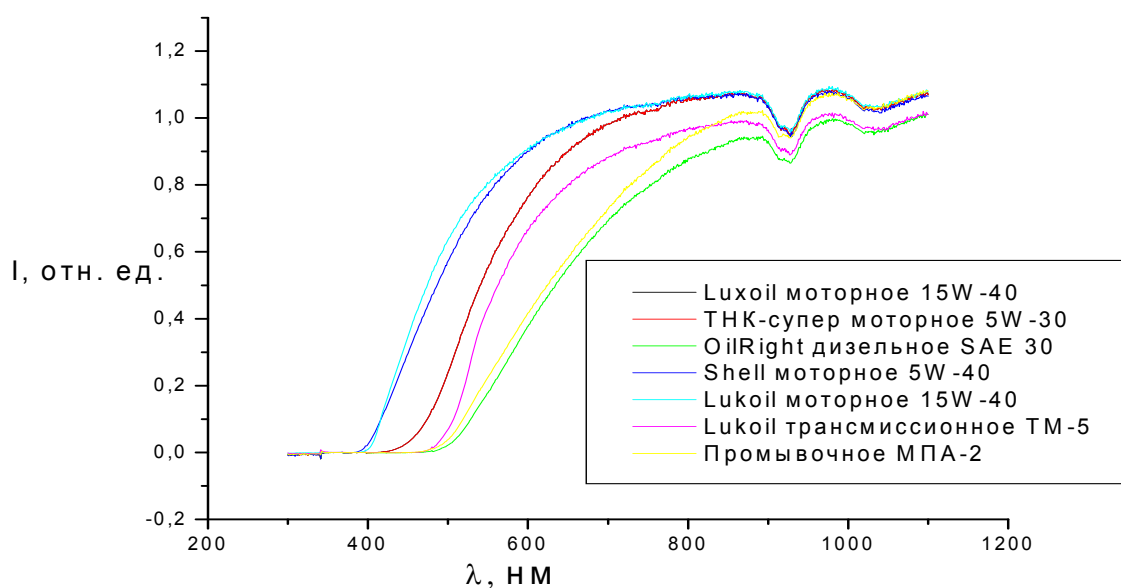
4) Разработка математического аппарата идентификации образов с числом членов класса, равным числу отобранных «стандартных» образцов масел.

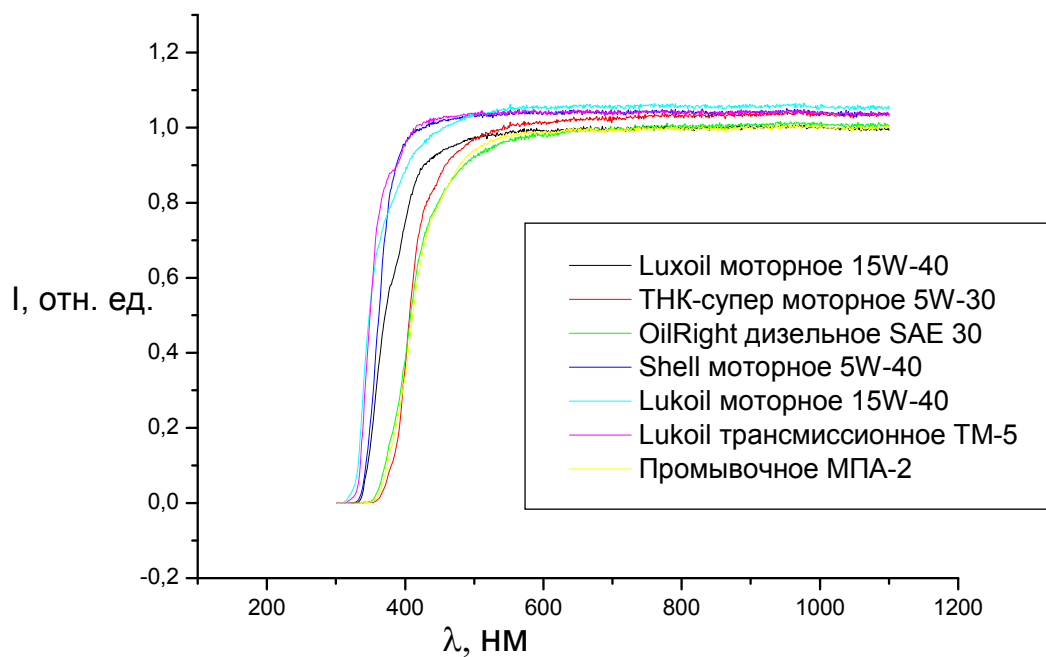
5) Создание аналитической автоматизированной идентификационной системы и ее проверка на условно стандартных объектах.

6) Применение методики для идентификации моторных масел.

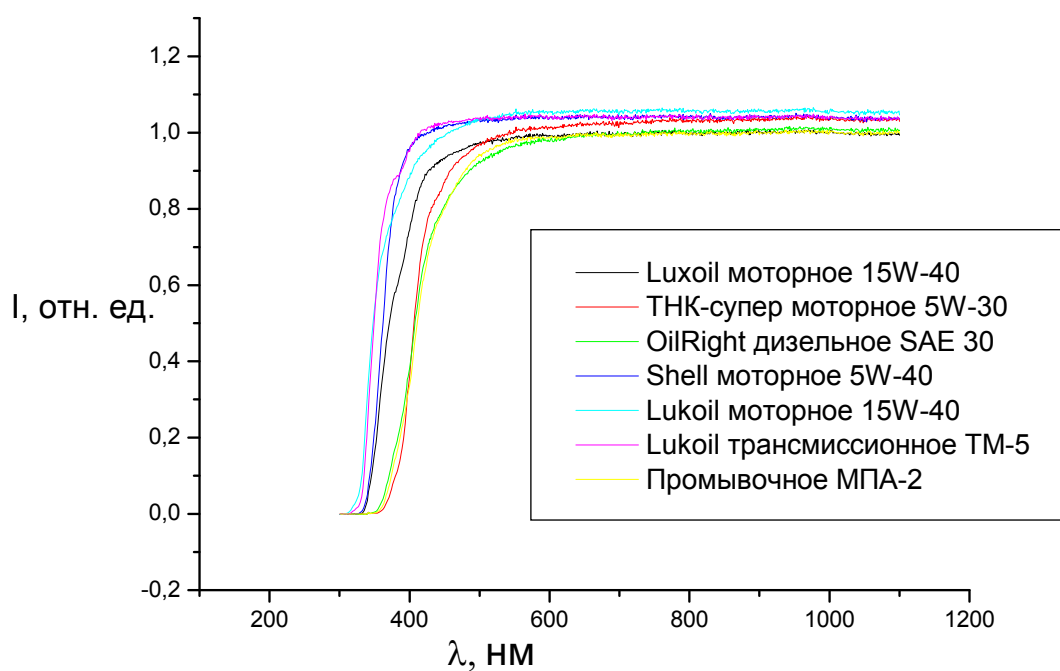
В предлагаемой работе исследованы возможности реализации изложенного выше подхода в идентификации моторных масел с использованием оптической абсорбционной спектроскопии. Спектры получали на серийном УВИ-спектрофотометре СФ-56 производства ЗАО «ОКБ СПЕКТР» (Санкт-Петербург). Спектры масел регистрировали с шагом 1 нм. Спектральная ширина щели спектрофотометра также 1 нм, динамический диапазон 100.

На рис. 2 а), б), в), г) приведены полученные спектры пропускания моторных масел в диапазоне длин волн от 300 до 1100 нм при использовании кювет различной толщины. Для сравнения был получен спектр подсолнечного масла (рис. 3).





в)



г)

Рис. 2. Спектр коэффициента пропускания в кювете:

а) 10 мм; б) 4 мм; в) 2 мм; г) 0,2 мм.

I – нормированная интенсивность

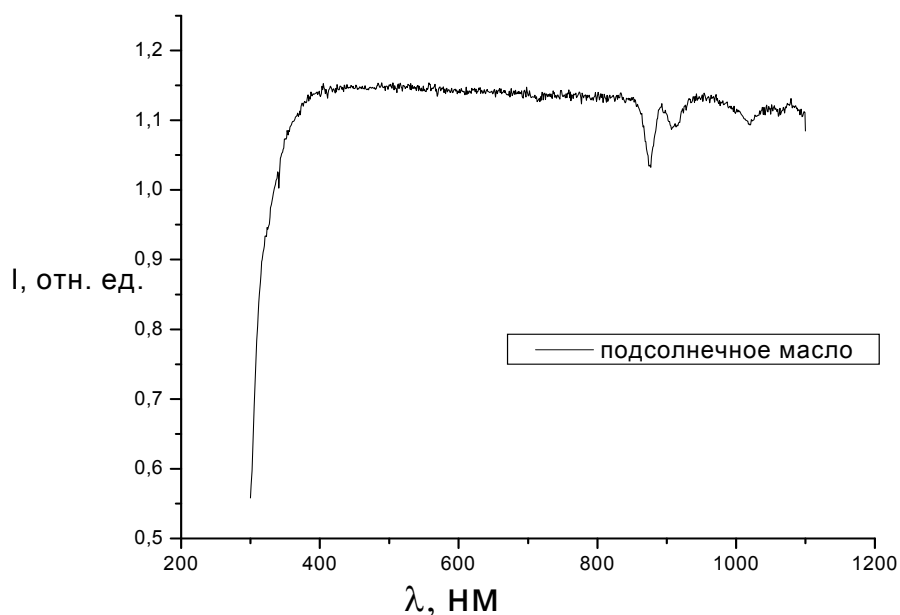


Рис. 3. Спектр пропускания подсолнечного масла в кювете 10 мм.
I – интенсивность

Видно, что в ближней ультрафиолетовой (УФ) области наблюдается сильное поглощение. При увеличении длины волны отмечается монотонный рост прозрачности. Незначительные полосы поглощения наблюдаются в области от 850 до 1100 нм. С целью обеспечения максимальной информативности результатов исследования спектров, они были сняты с использованием кювет различной толщины. Этот эксперимент показал, что поведение кривой пропускания у разных масел различный. Это, возможно, является отражением того, что они произведены по различным технологиям. Если сопоставить спектры пропускания моторных масел и спектр пропускания подсолнечного масла, можно отметить, что край полосы поглощения подсолнечного масла существенно смещен в УФ-область, а полосы поглощения, расположенные в инфракрасной области, находятся на разных длинах волн. Из этого можно сделать вывод о том, что спектральные полосы поглощения, расположенные в области 850–950 нм, характерны для нефтепродуктов.

Для оценки случайного разброса результатов эксперимента и последующей статистической обработки спектральных характеристик были измерены спектральные распределения коэффициента пропускания 12 образцов моторных масел. Для каждого образца процедура измерения была повторена 10 раз, что в результате позволило получить 120 различных спектральных образов. Их общая картина представлена на рис. 4.

В представленном массиве из 120 распределений существуют два типа различий. Один из них обусловлен различиями в составе масел, и именно этот тип различия необходимо выделить при статистическом исследовании. Другой тип различий обусловлен экспериментальным разбросом результатов измерений. Наличие этого типа различия затрудняет статистический анализ распределения результатов в целом. Поэтому традиционное применение МГК ко всему массиву из 120 спектральных распределений приводит к смешению двух типов различий, так, что отделить одно от другого невозможно.

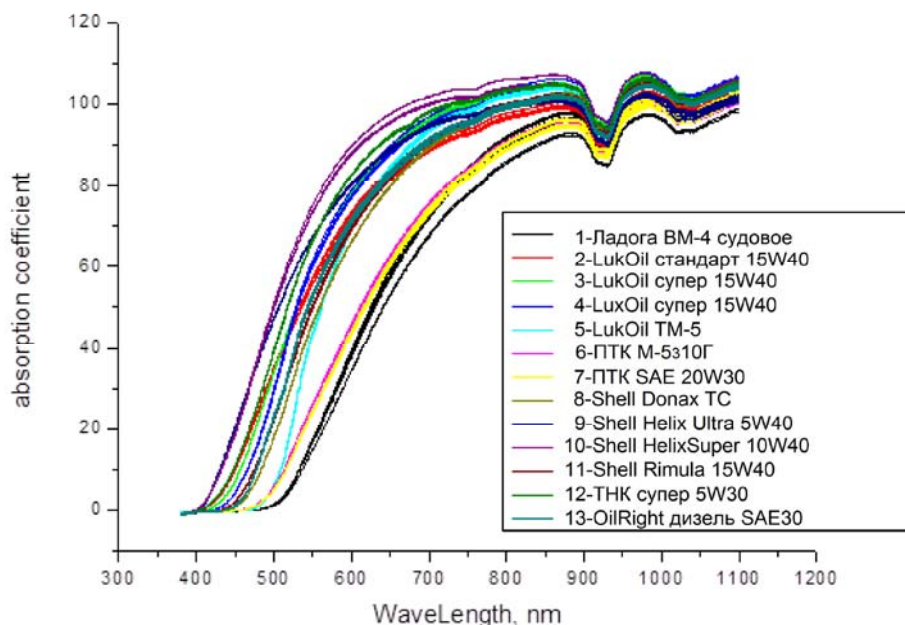


Рис. 4. Распределение коэффициента пропускания жидких минеральных технических масел

Примененная в данном случае модификация МГК предполагает первоначальное усреднение спектральных распределений, относящихся к одному и тому же образцу. Система главных компонент выстраивается на усредненных по каждому образцу данных (то есть на 13 усредненных образах), после чего проводится их отображение в результирующее пространство.

Для иллюстрации работы описанной процедуры на рис. 5 приведен результат отображения в трехмерное пространство образов трех типов масел с учетом экспериментального разброса. Приведенная картина обладает наглядностью и позволяет сделать вывод о возможности разделения различных типов масел.

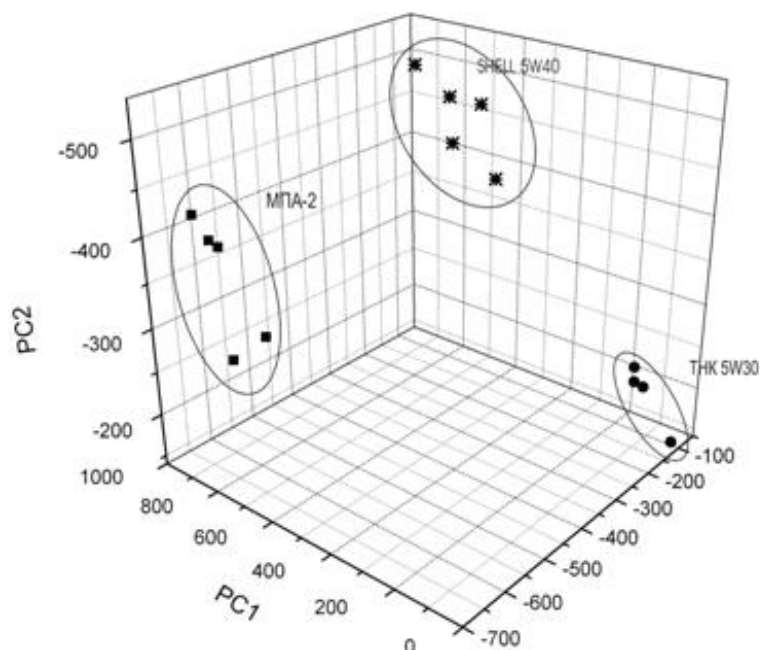


Рис. 5. Взаимное расположение образов трех типов масел в пространстве первых трех ГК

Результаты процедуры отображения образов всех 13 типов масел с учетом экспериментального разброса на плоскость первых двух главных компонент представлены на рис. 6.

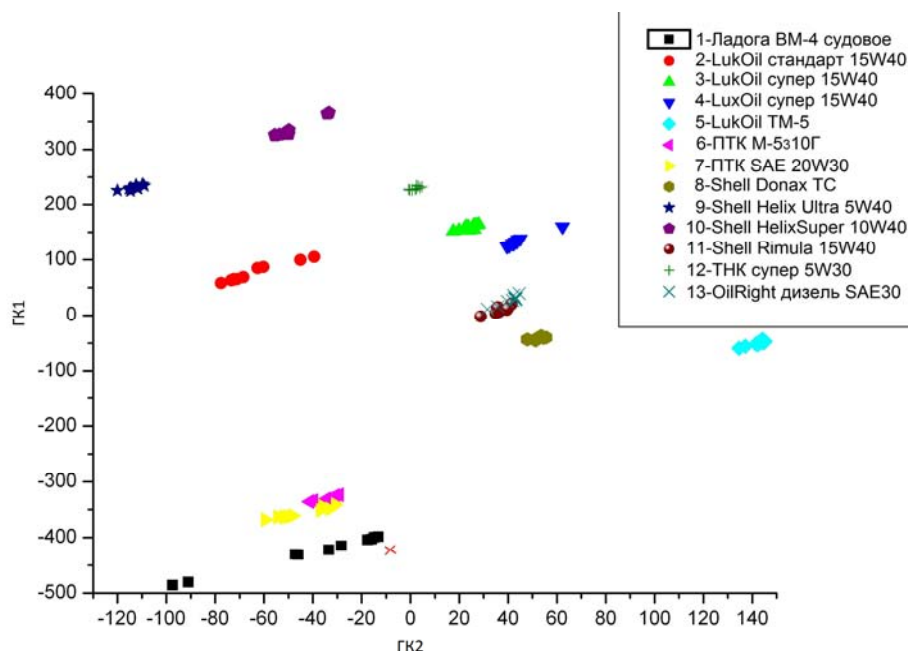


Рис. 6. Расположение образов известных масел и образа «неизвестного» масла на плоскости первых двух ГК

Для тестирования описанного метода идентификации неизвестного образа были использованы образцы тех же масел, что и используемые для построения классификатора. Эти образцы были получены независимо и не входили в совокупность образцов, использовавшихся для построения системы МГК. На рис. 6 диагональным крестом отмечен образ условно неизвестного масла. В таблице приведены значения условной вероятности при соотнесении образа условно неизвестного образца с образами известных «стандартных» образцов. Максимум значения условной вероятности наблюдается для образца № 1, что соответствует действительности. Ошибка идентификации в данном, достаточно простом случае составляет менее 1 %.

Таблица. Оценки условной вероятности, полученные при соотнесении образа условно неизвестного образца с образами известных образцов

Номер образца	Значение условной вероятности, $\times 10^{-7}$
1	1063,5
2	5,1
3	19,7
4	9,1
5	53,1
6	103,7
7	56,7
8	42,0
9	14,9
10	7,0
11	27,6
12	31,5

Полученные в целом результаты дают основание судить о возможности применения статистического метода распознавания образов в варианте МГК для решения задач идентификации нефтепродуктов.

Описанный подход может быть применен для идентификации и других нефтепродуктов. В полной мере это относится и к такому нефтепродукту, как газовые конденсаты, для которых необходим быстрый, надежный и автоматизированный входной контроль соответствия техническим условиям.

Литература

1. Доленко С.А., Гердова И.В. Лазерная флуориметрия смесей сложных соединений с использованием искусственных нейронных сетей // Квантовая электроника. 2001. Т. 31. № 9. С. 834–838.
2. Simon M. Scott, David James, Zulfegur Ali, William T. O'Hare, Fred. J. Rowel. Total luminescence spectroscopy with pattern recognition for classification of edible oils // Analyst. 2003. V. 128. P. 966–973.
3. Смирнов Н.В., Дудин-Барковский И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Наука, 1969. 512 с.
4. Дронов С.В. Многомерный статистический анализ. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2003. 246 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ПОГИБШИХ ПРИ ПОЖАРАХ С ПОМОЩЬЮ РЯДОВ ФУРЬЕ

М.С. Крюкова;

О.Ю. Тарасова, кандидат технических наук, доцент;

А.А. Фоминых.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматривается один из подходов исследования динамических рядов с помощью рядов Фурье. Строится тригонометрическая интерполяция динамической модели погибших при пожарах методом наименьших квадратов. Производится оценка статистических характеристик ряда в зависимости от качества прогнозирования.

Ключевые слова: прогнозирование, динамическая модель, ряд Фурье, коэффициент детерминации

RESEARCH OF DYNAMICS OF THE DEAD AT THE FIRES BY MEANS OF FOURIER'S RANKS

M.S. Kryukova; O.Yu. Tarasova; A.A. Fominykh.

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

Considered one of the approaches to the analysis of time series using Fourier series. Based trigonometric interpolation of the dynamic model killed in fires by the method of least squares. The evaluation of series statistical parameters depending on the quality of forecasting.

Keywords: forecasting, dynamic model, Fourier series, coefficient of determination

Прогнозирование – это обоснованная оценка будущего на основе анализа тенденций развития социальных, экономических и других процессов и их взаимосвязей. Процесс прогнозирования предполагает выявление возможных альтернатив развития в перспективе для обоснованного их выбора и принятия оптимального решения.

Чаще всего используются два способа разработки прогнозов:

– интерполирование и экстраполирование, то есть выявление значений характеристик процесса на основе исследования закономерностей его развития в прошлом и распространения на будущее;

– моделирование, то есть построение моделей с учетом вероятного или желаемого изменения прогнозируемого явления.

Прогнозирование осуществляется на основе различных вариантов подачи информации, которая может носить стохастический характер.

В этом случае нередко используется прогнозирование с применением динамических (временных) рядов.

Динамический ряд представляет собой последовательность числовых значений некоторого изучаемого признака (y) в дискретные моменты времени (t), которую можно представить в виде так называемой трендовой зависимости:

$$\hat{y}_t = f(t).$$

Современная наука обладает достаточно развитым математическим аппаратом прогнозирования динамических рядов. Наилучшие результаты при интерполяции динамических рядов достигаются при использовании разложения в ряд Фурье.

Любая периодическая функция может быть разложена в ряд Фурье [1], который для простых последовательностей имеет вид:

$$\hat{y}_t = a_0 + \sum_{k=1}^n a_k \cos kt + \sum_{k=1}^n b_k \sin kt,$$

где a_k, b_k – параметры гармонического представления.

Перечислим основные принципы применения анализа Фурье. Исследуемые динамические ряды обычно имеют конечную длину (N). Если интервалы между наблюдениями представляют собой постоянную величину, например, месяц, то самый медленный, то есть самый большой, период косинусоидальной кривой равен длине динамического ряда, то есть N месяцам, что соответствует угловой частоте $\frac{2\pi}{N}$.

Наименьший период этой кривой составляет два месяца, чтобы кривая завершила цикл. Предположим, что N – четное число, то есть $N = 2n$. Угловая частота i -й составляющей равна $\omega_i = \frac{2\pi i}{N}$, где $i = \overline{1, n}$. Если $i = 1$, то $\omega_1 = \frac{2\pi}{N}$, что соответствует самой медленной волне, которую можно наблюдать. При $i = n$ $\omega_n = \pi$, что соответствует самой быстрой волне, которую можно наблюдать [2].

Период (t), за который или по состоянию на который приводятся статистические данные, принимает значения от 0 с постоянным увеличением на $\frac{2\pi}{N}$.

Неизвестные коэффициенты a_k и b_k определяют с помощью метода наименьших квадратов по формулам, аналогичным используемым в регрессионном анализе [3]. Если статистические данные y_t взяты через равные временные интервалы, то параметры ряда Фурье определяются как:

$$a_k = \frac{2}{N} \sum y_t \cos kt, \quad b_k = \frac{2}{N} \sum y_t \sin kt. \quad (1)$$

Дальнейшее действие заключается в последовательном наращивании числа гармоник и оценке значимости каждой при помощи F -критерия Фишера [4]. Чтобы воспользоваться данным критерием, необходимо предварительно найти значение F -статистики, при вычислении которой используются отклонения фактических значений данных y_t от расчетных $\hat{y}_t$. Расширение первоначального уравнения с помощью добавления следующих гармоник приводит к тому, что график начинает искривляться и постепенно приближаться к исходным данным. Одна дополнительная гармоника заставляет основную волну изменить наклон, вторая приводит к возникновению нескольких точек перегиба и т.д. Критерием при выборе числа гармоник должен быть паритет остаточной дисперсии S^2 и коэффициента детерминации R^2 .

Коэффициент детерминации R^2 характеризует долю вариации $\hat{y}_t$, обусловленную соответствующим рядом (долю вариации уровней). При этом доля вариации $\hat{y}_t$, обусловленная случайным фактором, будет равна $1 - R^2$. Чем ближе R^2 к единице, тем более адекватной является модель динамического ряда.

Покажем эффективность гармонического подхода к динамической модели погибших при пожарах. Анализ статистических данных [5] показывает, что уровни динамического ряда варьируют вокруг среднего значения $\bar{y}$, при этом эти колебания повторяются (рис. 1).

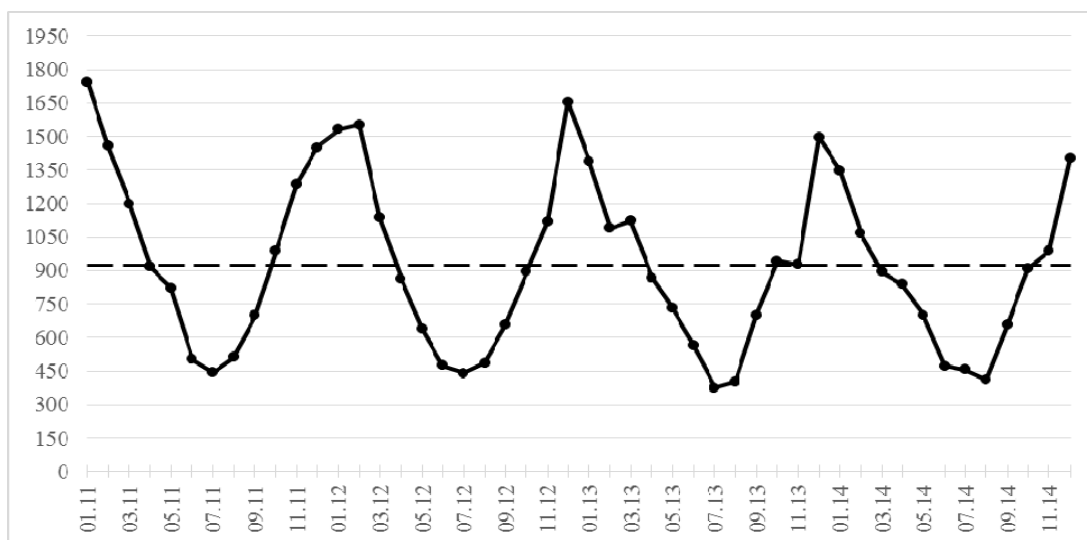


Рис. 1. Динамика количества людей, погибших при пожарах в Российской Федерации

Стационарный периодический динамический ряд, представленный на рис. 1, задается параметрами: периодом (расстояние между пиками или впадинами), амплитудой

(отклонение от среднего уровня до пика), фазой (расстояние между началом отсчета и ближайшим пиковым значением) и средним значением.

Воспользуемся формулами (1) для нахождения параметров гармонического представления (табл. 1).

Таблица 1. Периодические составляющие динамического ряда погибших при пожарах

Номер гармоники	a_k	b_k
1	23,576	64,302
2	21,455	25,785
3	16,494	-18,759
4	507,850	-15,784
5	9,329	50,709
6	4,531	16,355

Определяя теоретические значения $\hat{y}_t$ по ряду Фурье, а также остаточную дисперсию S^2 , можно произвести выбор наилучшего гармонического представления. Этой же цели служит и расчет коэффициента детерминации R^2 для уравнений с разным числом гармоник (табл. 2).

Таблица 2. Остаточная дисперсия и коэффициент детерминации по уравнениям с разным числом гармоник

Число гармоник	Остаточная дисперсия S^2	Коэффициент детерминации R^2
1	141 414,77	0,0163
2	140 852,17	0,0202
3	140 540,19	0,0224
4	11 459,94	0,9203
5	10 130,70	0,9295
6	9 986,70	0,9305

Табл. 2 показывает, что уравнение с четырьмя гармониками уже достаточно хорошо описывает исходный динамический ряд, но в качестве модели прогноза возьмем ряд Фурье с шестью гармониками, который объясняет 93 % вариации уровней.

Для гармонического представления тренда значение F -статистики составит 616,18. Значение F -критерия Фишера при 1%-м уровне значимости $F_{кр}(0,01;46;1)$ составляет 7,22, что с высокой степенью уверенности свидетельствует о статистической значимости коэффициента детерминации и подтверждает адекватность построенной динамической модели погибших при пожарах.

Результаты расчетов для гармоники шестого порядка иллюстрирует рис. 2.

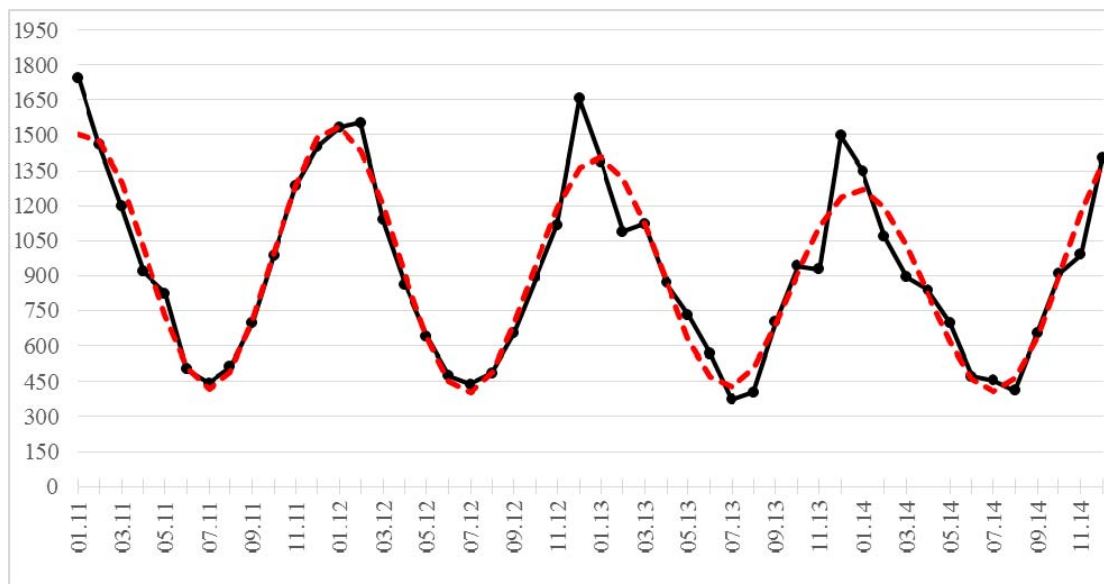


Рис. 2. Динамика количества людей, погибших при пожарах и гармоника Фурье шестого порядка

Прогнозные значения на первые три месяца 2015 г. и доверительные интервалы, в рамках которых возможно их изменение в течение рассматриваемого временного периода, приведены в табл. 3. Прогнозные значения определяются по ряду Фурье с шестью гармониками.

Доверительные интервалы представляют собой интервалы с центром в прогнозных значениях. Истинное число погибших при пожарах с заданной доверительной вероятностью будет находиться в соответствующем доверительном интервале.

Таблица 3. Прогнозные значения погибших при пожарах в Российской Федерации

Месяц	Прогнозные значения	Доверительные интервалы	
		минимальное значение прогноза	максимальное значение прогноза
01.15	1 505	1 219	1 790
02.15	1 473	1 187	1 760
03.15	1 299	1 011	1 586

Число людей, погибших при пожарах в январе 2015 г., предположительно, будет выше уровня предыдущего года. Динамика изменения числовых значений данного показателя за период с 2011 по 2014 гг. и его средние прогнозные значения на 2015 г. приведены на рис. 3. Реальные числовые значения данного показателя по итогам года будут находиться в диапазоне от 1 219 до 1 790 чел.

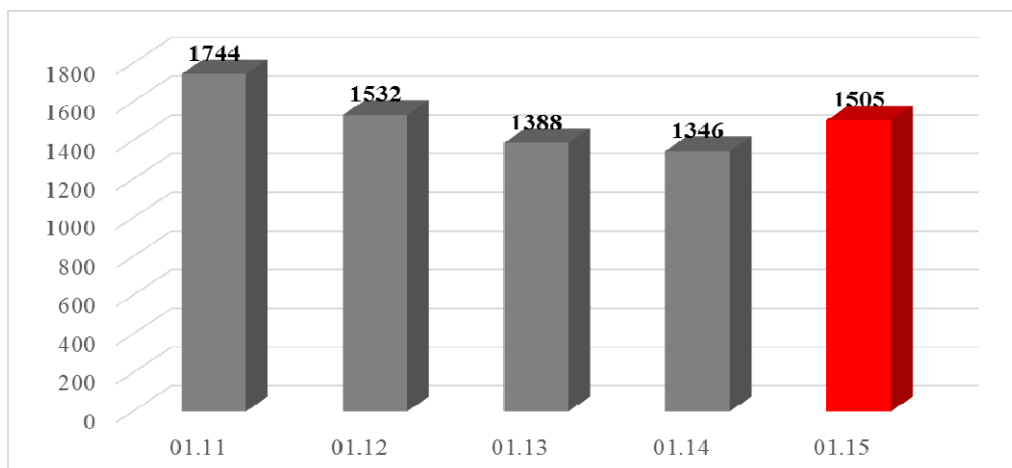


Рис. 3. Количество людей, погибших при пожарах в Российской Федерации

Для построения трендовой модели использован ряд Фурье, параметры которого оценивались с помощью метода наименьших квадратов. Анализ полученных результатов моделирования для конкретного числового примера – количество погибших при пожарах – подтверждает применимость предложенного подхода построения трендовой модели и обеспечивает высокое качество аппроксимации данных и прогнозирования поведения социальной системы. Использование трендовых моделей позволит провести комплекс мероприятий, направленных на разработку эффективных методов для снижения числа пожаров и смягчения их последствий.

Литературы

1. Рудакова Р.П., Букин Л.Л., Гаврилов В.И. Статистика. 2-е изд. СПб.: Питер, 2007.
2. Статистика: учеб. / И.И. Елисеева [и др.]; под ред. И.И. Елисеевой. М.: Проспект, 2010.
3. Статистика: учеб. / под ред. С.А. Орехова. М.: Эксмо, 2010.
4. Эконометрика: учеб. / И.И. Елисеева [и др.]; под ред. И.И. Елисеевой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2006.
5. Пожары и пожарная безопасность в 2014 году: Статистический сборник / под общ. ред. А.В. Матюшина. М.: ВНИИПО, 2015.

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ПОЖАРОВ В ЖИЛЫХ И ОФИСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПРИ ОБУЧЕНИИ СПЕЦИАЛИСТОВ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ МЧС РОССИИ

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

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

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Описывается циклический алгоритм расчета температурного режима пожара в жилых и офисных помещениях. Производится сравнение линейного и циклического алгоритмов, аналитических и эмпирических методов оценки воздействия продуктов горения на строительные конструкции в ходе объемного пожара в ограждениях.

Ключевые слова: температурный режим пожара, пожарная нагрузка, пожар регулируемый нагрузкой, пожар регулируемый воздухообменом, эквивалентная продолжительность пожара

CALCULATION OF THE TEMPERATURE REGIME OF FIRES IN RESIDENTIAL AND OFFICE SPACES IN THE TRAINING OF SPECIALISTS OF FORENSIC EXPERT INSTITUTIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; T.A. Kuzmina.

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

In article the cyclic algorithm of calculation of temperature condition of the fire in inhabited and office rooms is described. Comparison of linear and cyclic algorithms, analytical and empirical methods of an assessment of impact of products of burning on construction designs is made during the volume fire in protections.

Keywords: temperature condition of the fire, fire loading, the fire regulated by loading, the fire regulated by air exchange, equivalent duration of the fire

Изучение динамики пожара и его воздействия на строительные конструкции помещения позволяет говорить о пожаре как о явлении многофакторном. Следует выделить группу факторов, характеризующих конструкции (вид материала, теплофизические характеристики, критическая температура, прочностные свойства, геометрические характеристики), и группу факторов, определяющих условия горения (пожарная нагрузка, геометрические характеристики помещения, состояние окружающей среды). Изменение одного или нескольких факторов заметно влияет на развитие пожара. В одном и том же помещении может быть большое количество различных режимов пожара, отличающихся временем и интенсивностью развития, тепловым воздействием на ограждающие конструкции помещения. В связи с этим вводится понятие эквивалентной продолжительности пожара. Переход от продолжительности реального пожара к эквивалентной продолжительности пожара позволяет прогнозировать поведение строительных конструкций в условиях реальных пожаров.

Все эти обстоятельства обуславливают необходимость освоения методики моделирования теплового режима пожара в жилых и офисных помещениях в учебном процессе пожарно-технических вузов.

Такая методика представлена в приложении К «Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения» ГОСТа Р 12.3.047–98 ССБТ [1], однако предлагаемый алгоритм не в полной мере соответствует специфике учебного процесса при подготовке специалистов судебно-экспертных учреждений МЧС России:

- нахождение величины среднеобъемной температуры в ходе развития пожара основано на использовании эмпирических зависимостей, что ограничивает использование представленного алгоритма в широком диапазоне величин и видов пожарной нагрузки, а также условий воздухообмена;

- представленный алгоритм не предполагает получение временных зависимостей таких существенно важных для анализа пожара, как лучистые тепловые потери через проемы, высота нейтральной плоскости, расход продуктов горения и наружного воздуха через оконные и дверные проемы;

- линейная структура алгоритма существенно уменьшает трудоемкость расчета параметров температурного режима при пожаре в жилых и офисных помещениях, однако применение информационных технологий позволяет расширить область использования расчетных методов в судебной пожарно-технической экспертизе [2].

О характере пожара можно судить по совокупности большого числа его параметров: по площади пожара, по температуре пожара, скорости его распространения, интенсивности

тепловыделения, интенсивности газообмена, скорости выгорания пожарной нагрузки, интенсивности задымления и плотности дыма и т.д. Обычно при исследовании сложных процессов и явлений выделяют первичные, определяющие параметры, и вторичные, то есть производные от них. Исследовать пожар в помещении на основе линейного алгоритма почти невозможно.

Во-первых, потому что практически невозможно определить, что в этой сложной совокупности процессов и явлений следует считать первичным, а что вторичным, производным (тепловыделение определяет газообмен или, наоборот, тепловыделение есть функция газообмена в зоне горения и т.д.).

Во-вторых, потому что многие параметры пожара становятся первичными или производными в зависимости от цели исследования, от позиции исследователя.

В-третьих, не всегда первичные, наиболее важные по своей физической сущности процессы, являются определяющими с точки зрения исследователя пожара.

Так, например, с точки зрения физической сущности процесса горения на пожаре интенсивность газообмена является одним из основных параметров. Но с точки зрения динамики пожара его можно почти не рассматривать. Можно рассматривать лишь его следствие – интенсификацию процесса горения, рост скорости распространения пожара и скорости выгорания пожарной нагрузки, а уже как итог – скорость роста температуры пожара и т.д. [3]. Поэтому в качестве основных параметров, изменяемых во времени, для изучения динамики пожара примем площадь пожара, температуру пожара и интенсивность задымления на пожаре, а в основу предлагаемого алгоритма положим уравнение теплового баланса на пожаре:

$$Q_{\Pi} = Q_{\Pi\Gamma} + Q_K + Q_L, \quad (1)$$

где Q_{Π} – тепло, выделяющееся на пожаре; $Q_{\Pi\Gamma}$ – тепло, содержащееся в продуктах горения; Q_K – тепло передаваемое из зоны горения конвекцией ограждениям; Q_L – тепло, передаваемое из зоны горения излучением.

При расчете интегральных характеристик объемного пожара в жилых и офисных помещениях предполагается соблюдение следующих условий:

- пожарная нагрузка равномерно распределена по площади помещения;
- оконные проемы расположены на одном уровне и во время возникновения пожара открыты;
- отношение суммарной площади оконных проемов к площади пола в помещении не превышает 35 %;
- теплопроводящие свойства материала ограждающих конструкций и их толщина таковы, что за время пожара тепловой импульс не достигает необогреваемой поверхности, таким образом, ограждающие конструкции считаем полуограниченными телами [4].

Основное упрощение, позволившее составить критериальное уравнение теплового баланса внутреннего пожара и решить его, заключается в том, что нестационарный процесс тепловыделения и теплообмена, происходящий на реальном пожаре, представлен как квазистационарный (предполагается, что в небольшие промежутки времени площадь пожара, массовая скорость выгорания и условия газообмена остаются постоянными).

В зависимости от размеров помещения, характеристик режима воздухообмена, количества и вида пожарной нагрузки можно выделить два вида объемного пожара:

- пожар, регулируемый нагрузкой, когда в результате воздухообмена в зону горения поступает количество воздуха, превышающего необходимое для полного сгорания пожарной нагрузки;
- пожар, регулируемый условиями воздухообмена, когда в результате воздухообмена в зону горения поступает количество воздуха, недостаточное для полного сгорания пожарной нагрузки.

Порядок расчета температурного режима объемного пожара, регулируемого нагрузкой, аналогичен расчету пожара, регулируемого условиями воздухообмена, кроме определения величины тепловыделения.

Лучистые тепловые потери через оконные и дверные проемы в ограждающей поверхности жилого или офисного помещения определяется как:

$$Q_u = C_0 \varepsilon_{np} \left[\left(\frac{T_{fi}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_0}{100} \right)^4 \right] (F_{окн} + F_{дв}),$$

где $C_0=5,67 \text{ Вт/(м}^2\text{K}^4)$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; $\varepsilon_{np} = \varepsilon_{\phi} \varepsilon_w$ – приведенная степень черноты между излучающей поверхностью факела и теплопоглощающей поверхностью соседних ограждающих конструкций; ε_{ϕ} – степень черноты излучающей поверхности факела; ε_w – степень черноты теплопоглощающей поверхности соседних ограждающих конструкций.

После определения продолжительности пожара для каждого временного интервала (например, при шаге $\Delta t=1$ мин) задается текущее значение температуры продуктов горения t_f , в первом приближении для этой температуры определяется значение тепловых потерь через ограждающие конструкции Q_k и тепловых потерь, передаваемых из зоны горения излучением $Q_{\text{л}}$. Таким образом, зная значение тепловыделения при данной пожарной нагрузке и условиях воздухообмена $Q_{\text{п}}$, из уравнения теплового баланса можно вычислить значение тепла, содержащегося в продуктах горения $Q_{\text{г}}$, что позволит вычислить значение температуры продуктов горения $t_{f,i+1}$ во втором приближении. При этом значение $Q_{\text{г}}$ считаем численно равным разности полных энтальпий входящего и выходящего через оконные и дверные проемы газов (продуктов горения и воздуха):

$$Q_z = G_{\text{в}} c_{\text{в}} T_{\text{в}} + G_{\text{г}} c_{\text{г}} T_{f,i},$$

где расход воздуха через проемы:

$$G_{\text{в}} = 0,67B[2g\rho_{\text{в}}(\rho_{\text{в}} - \rho_{\text{г}})]^{0,5} [(Y - H_{\text{н}})^{1,5} - (Y - H_{\text{н}})^{1,5}], \quad (1)$$

где B – ширина проема; $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха; $\rho_{\text{г}}$ – плотность продуктов горения; $H_{\text{н}}$ – высота нижней кромки проема.

Уравнение, аналогичное (1), используется для нахождения расхода продуктов горения $G_{\text{г}}$ через проемы [5]. В этом случае значение Y , то есть высоты нейтральной плоскости, определяется по формуле:

$$Y = \frac{H_{\text{в}} - H_{\text{н}}}{1 + \sqrt[3]{\frac{T_{\text{ф}}}{T_0}}}.$$

Однако для нахождения величины тепловых потерь через ограждающие конструкции необходимо значение температуры на ее обогреваемой поверхности $t_{w,i}$, для чего организуется вложенный цикл приближений:

$$t_{w,i+1} = t_{w,i} + \frac{i \Delta \tau}{30 \rho \Delta y (\lambda + \beta t_{w,i})} [\alpha (t_{f,i} - t_{w,i})] + \frac{C (t_{f,i} - t_{w,i}) + 0,5 \beta (t_{f,i}^2 - t_{w,i}^2)}{\Delta y},$$

где Δy – толщина слоя ограждающей конструкции.

Программная реализация представленного алгоритма позволяет получать обучающимися в ходе анализа предлагаемых учебных задач результаты, которые вполне согласуются с экспериментальными данными, приведенными в [4, 5]. Из них следует, что по интенсивности газообмена, определяющей скорость роста и максимальное значение температуры пожаров, все помещения можно разделить на две группы.

Помещения, у которых отношение $F_{\text{горения}}/F_{\text{пола}} < 1/12$, относятся к помещениям с низкотемпературным режимом пожаров, то есть для этой группы помещений развитие процесса горения, а, следовательно, и интенсивности тепловыделения, сдерживают поступление воздуха как в объем самого помещения, так и в зону горения.

Помещения, у которых отношение $F_{\text{горения}}/F_{\text{пола}} > 1/12$, относятся к помещениям с высокотемпературным режимом пожаров, то есть в этих помещениях процесс горения развивается так же, как в условиях открытого пожара или близких к ним. При этом различие температур пожара в помещениях с низкотемпературным и высокотемпературным режимами в среднем составляет 200–250 °С.

Литература

1. ГОСТ Р 12.3.047–98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. Приложение К: «Методы расчета температурного режима пожара в помещениях зданий различного назначения». М.: Госстандарт России, 1998. С. 33–38.
2. Kondratyev S.F., Petrova N.V., Voroncova A.A., Kuzmina T.A. Application of informative technologies and calculative methods in the forensic normative expertise and in professional education of forensic experts / 4th International Scientific Conference on Safety Engineering and 14th International Conference on Fire and Explosion Protection. Republic of Serbia, Novi Sad, 2014. С. 110–118.
3. Драйздел Д. Введение в динамику пожаров / под ред. Ю.А. Кошмарова, В.Е. Макарова; пер. с англ. М.: Стройиздат, 1990. 424 с.
4. Абросимов Ю.Г., Кошмаров Ю.А., Юн С.П. Моделирование температурного режима пожара в помещении // Пожарная опасность технологических процессов, зданий, сооружений и профилактика пожаров: сб. науч. трудов. М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1988. С. 130–135.
5. Абросимов Ю.Г., Кошмаров Ю.А. Исследование функций плоскости равных давлений на начальной стадии пожара // Организация, тактика и техника тушения пожаров на объектах народного хозяйства: сб. науч. трудов. М.: Изд-во ВИПТШ МВД СССР, 1988. С. 108–111.

К ВОПРОСУ О ПРОГНОЗИРОВАНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ ПРИРОДНОГО ХАРАКТЕРА НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Е.А. Гращенко;

Т.В. Гагарина;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены методы и модели прогнозирования чрезвычайных ситуаций природного характера на основе статистических данных. Приведена общая модель прогноза. Показана необходимость прогнозирования чрезвычайных ситуаций, имеющих низкую частоту повторения. Показано, что при решении задачи прогнозирования основное внимание необходимо уделить отбору факторов, влияющих на точность прогноза.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация природного характера, метод прогнозирования, модель прогнозирования, экспертные методы, математические методы, регрессия, полином

TO QUESTION ABOUT PROGNOSTICATION OF EXTRAORDINARY SITUATIONS OF NATURAL CHARACTER ON BASIS OF STATISTICAL INFORMATION

E.A. Grashchenko; T.V. Gagarina; A.N. Ivanov.

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

Methods and models of prognostication of extraordinary situations of natural character are considered on the basis of statistical information. The general model of prognosis is resulted. It is rotined that at the decision of task of prognostication basic attention must be spared the selection of factors, influencing on exactness of prognosis.

Keywords: extraordinary situation of natural character, method prognostications, model of prognostication, expert methods, mathematical methods, regression, polynomial

Чрезвычайные ситуации (ЧС) природного характера представляют собой довольно большой сегмент общего числа ЧС, для борьбы с которыми и ликвидации их последствий привлекаются силы и средства МЧС России [1].

Они характеризуются тем, что чаще всего носят локальный или муниципальный характер, поэтому население оказывается застигнутым врасплох и вынуждено в первые часы разгула стихии противостоять ей собственными силами и средствами. Как правило, в эти первые часы, а иногда и дни, происходят основные потери материальных средств, а иногда и гибель людей.

Так, по данным Северо-Западного регионального центра МЧС России, за период с 1 января 2009 г. по 31 декабря 2014 г. в зоне его ответственности произошло 148 ЧС природного характера, во время которых погибло 25 человек (табл. 1).

**Таблица 1. Данные Северо-Западного регионального центра МЧС России по ЧС
за период с 1 января 2009 г. по 31 декабря 2014 г.**

Тип ЧС	Кол- во	Пострадало			Материальный ущерб, (млн руб.)	Силы (кол-во л. с.)	Средства (кол-во ед. техники)
		всего	спасено	погибло			
Природные ЧС	148	1 251	1 226	25	92,09779	4 956	1 274

Наиболее характерные для Северо-Запада страны ЧС природного характера и их количество за пять лет (2009–2014 гг.) представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Описание ЧС	Частота повторения в течение 5 лет	Среднее количество ЧС за 1 год
Отрыв прибрежных льдов	55	11
Высокий уровень воды (наводнения, половодья, дождевые паводки, заторы, ветровые нагоны)	27	5,4
Лесные пожары	22	4,4
Сильный снегопад	8	1,6
Непроходимый (труднопроходимый) лед	6	1,2
Снежные лавины	5	1
Природные пожары	1	0,2
Ранний ледостав	1	0,2
Землетрясения	1	0,2
Оползни	1	0,2

Состав этих ЧС весьма разнообразен как по проявлению, так и по частоте повторения.

Так, наиболее распространенными ЧС природного характера вследствие географического местоположения региона и его природно-климатических условий являются ситуации, связанные с отрывом прибрежного льда (происходят в среднем 11 раз в год).

На втором месте, согласно статистическим данным, находятся ситуации, связанные с изменением уровня воды в естественных водоемах, что часто приводит к затоплениям больших территорий (средняя частота появления не менее пяти раз в год).

Довольно часто возникают лесные пожары (не менее четырех раз в год), наносящие серьезный урон экономике региона, приводящие к гибели большого количества представителей животного мира, уничтожению растительного покрова и представляющие прямую угрозу расположенным вблизи населенным пунктам [2].

В среднем не менее одного раза в год возникают ЧС, связанные с обильными снегопадами, непроходимыми (труднопроходимыми) льдами и сходом снежных лавин.

Остальные, указанные в табл. 2, ситуации, возникают не чаще одного раза в пять лет.

Вместе с тем необходимо обратить внимание на то, что из 25 погибших 14 (56 %) приходится на ЧС, связанные с непроходимым (труднопроходимым) льдом, доля которых в имевших место ЧС природного характера составляет 4 %.

Девять человек (36 %) погибли при сходе снежных лавин, доля которых в общем количестве ЧС природного характера составляет 3,3 %.

Два человека (8 %) погибли в результате попадания под оползень (0,7 % в общем числе ЧС природного характера).

Таким образом, 100 % погибших приходится на ЧС природного характера, суммарная доля которых, в общем их количестве, составляет менее 10 %.

Можно предположить, что подобная ситуация связана с тем, что «поражающие факторы» перечисленных ЧС, равно как и сама возможность их появления, для основной массы населения не столь очевидны, как, скажем, проявления и последствия лесного пожара или разлива рек.

Второй особенностью этих ЧС является скоротечность проявления, что сводит на нет как возможности активных действий по самоспасению, так и для спасательных подразделений МЧС России.

Поэтому важная роль в обеспечении своевременного реагирования сил МЧС России, готовности населения и территорий, информировании населения о степени риска возникновения той или иной ЧС с привязкой к месту и времени ее проявления отводится прогнозированию опасных природных процессов.

Анализ литературных источников показывает, что в настоящее время, по оценкам ученых, насчитывается свыше 150 различных методов прогнозирования [3].

Метод прогнозирования представляет собой последовательность действий, которые нужно совершить для получения модели прогнозирования.

Модель прогнозирования есть функциональное представление, адекватно описывающее исследуемый процесс и являющееся основой для получения его будущих значений.

В работах разных авторов предлагаются различные схемы классификации методов прогнозирования. В классическом представлении методы прогнозирования делятся на две группы: экспертные (интуитивные) и формализованные (математические) (рис.).



Рис. Классификация методов прогнозирования

Экспертные (интуитивные) методы прогнозирования имеют дело с суждениями и оценками экспертов. Они применяются в том случае, если процесс, состояние которого во времени необходимо спрогнозировать, не поддается математическому описанию либо в силу простоты и предсказуемости в таком описании не нуждается.

Формализованные (математические) методы – методы прогнозирования, в результате которых строят модели прогнозирования, то есть определяют такую математическую зависимость, которая позволяет вычислить будущее значение процесса.

Все ЧС природного характера являются следствием физических и химических процессов, происходящих в природе, поэтому с разной степенью сложности и точности могут быть описаны с помощью математических методов прогнозирования.

Результатом такого прогнозирования должна стать математическая модель, полученная на основе статистических данных.

Если обратиться к классификации математических моделей прогнозирования, то, изучая работы, относящиеся к данной предметной области, как и в случае с методами прогнозирования, можем увидеть разные подходы к этому вопросу.

Большая часть авторов делит их на две группы:

- структурные модели;
- статистические модели.

В структурных моделях зависимость будущего значения от прошлого задается в виде некоторой структуры и правил перехода по ней.

К ним относятся нейросетевые модели, модели на базе цепей Маркова, модели на базе классификационно-регрессионных деревьев и другие, распространенные не так широко [4].

В статистических моделях зависимость будущего значения от прошлого задается в виде некоторого уравнения. Здесь спектр конкретных моделей тоже достаточно широк. Широкое распространение получили регрессионные модели (линейные и нелинейные), авторегрессионные модели (ARIMAX, GARCH, ARDLN), модель экспоненциального сглаживания и ряд других.

Модели на основе статистических данных получили широкое распространение еще и потому, что имеют доступное программное обеспечение, в которое входят такие прикладные программы, как Excel, Statgraphics, Stadia и др. [5]. На это их достоинство указывают многие авторы.

Поэтому в практической деятельности прогнозные модели чаще всего строят на основе статистических данных. Алгоритм построения таких моделей различного типа подробно описан в литературе по математической статистике, эконометрике и прикладных курсах высшей математики.

В рамках данной статьи ограничимся приведением общего вида модели прогноза, которая включает в себя три составляющие и записывается в виде уравнения регрессии:

$$Y_t = y_t + v_t + \varepsilon_t,$$

где Y_t – прогнозное значение результата; y_t – среднее значение прогноза; v_t – составляющая прогноза, отражающая сезонные колебания; ε_t – случайная величина отклонения прогноза.

Главное в работе над моделью заключается в определении количества факторов, влияющих на результат прогнозируемого процесса, и вида регрессии: линейная или нелинейная.

Естественным требованием к качеству данных, полученных в результате прогнозирования, является их точность. Однако данные даже самых совершенных моделей могут совпасть с количественными данными об объекте в будущем лишь с некоторой вероятностью.

Важным фактором прогнозирования ЧС на основе статистических данных является период прогнозирования, при этом выделяют три вида прогнозов: краткосрочный, среднесрочный и долгосрочный. Естественно, что временные интервалы прогнозов зависят от природы ЧС.

Лесные пожары, например, четко привязаны к жаркому времени года. Статистика показывает, что из 22 лесных пожаров по 9 приходятся на июнь и июль. Согласно пятилетней статистике, самый ранний лесной пожар на территории Северо-Западного региона был зафиксирован 28 апреля, а самый поздний – 8 августа.

Поэтому в качестве факторов (экзогенных переменных) регрессионной модели прогноза лесных пожаров в обязательном порядке должны присутствовать средняя температура воздуха, направление изменения атмосферного давления, влажность воздуха и другие факторы.

ЧС, причиной которых стал непроходимый (труднопроходимый) лед, занимают временной отрезок от 4 января до 18 апреля, то есть с момента, когда лед на водоемах становится достаточно прочным, чтобы выдержать людей и некоторые виды транспорта, до момента начала его таяния и потери несущей способности. Проблема еще в том, что

на разных водных объектах в одно и то же время лед может иметь разную несущую способность. Поэтому в модели прогноза ЧС, связанных с непроходимым (труднопроходимым) льдом, должны присутствовать не только данные, характеризующие состояние атмосферы, но и характеристики водного объекта.

Таким образом, прогнозирование большинства природных ЧС будет носить краткосрочный характер, ибо данные прогноза актуальны только на какой-то короткий отрезок времени.

С учетом большого количества факторов модель прогноза будет представлять собой полином некоторого порядка. Чтобы прогнозирование было эффективным, временной разрыв между измерением значений экзогенных переменных (факторов) должен быть как можно меньше.

Литература

1. Матвеев А.В., Максимов А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе Государственной противопожарной службы МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 62–68.

2. Максимов А.В., Воднев С.А. Анализ проблем в сфере обеспечения пожарной безопасности в России // Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире. 2015. № 9. Т. 1. С. 120–125.

3. Громова Н.М., Громова Н.И. Основы экономического прогнозирования. М.: Академия Естествознания, 2006.

4. Матвеев А.В., Потолицын В.А. Разработка регрессионных моделей для прогнозирования обстановки с пожарами в регионе: материалы Междунар. науч.-практ. конф. «XL Неделя науки СПбГПУ», 5–10 дек., Санкт-Петербург. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011.

5. Константиновская Л.В. Методы и приемы прогнозирования. URL: <http://www.astronom2000.info> (дата обращения: 12.09.2015).



ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

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

Рассмотрены особенности использования генетических алгоритмов и нейронных сетей для моделирования сложных систем. Приведены логическая структура генетических алгоритмов и этапы решения задач с помощью искусственных нейронных сетей.

Ключевые слова: генетический алгоритм, компьютерная программа, искусственные нейронные сети, математическая модель

THE SPECIAL FEATURE OF EMPLOYMENT THE GENETIC ALGORITHM AND NEURAL NETWORKS

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

This article presents the special feature of employment the genetic algorithm and neural networks. The logical structure of genetic algorithms and stages of solving problems using artificial neural networks.

Keywords: genetic algorithm, computing program, synthetic neural networks, mathematical model

В условиях неопределенности исходной информации повышение достоверности управленческих решений является актуальной научной задачей. Ее решение позволит существенно сократить количество погибших и пострадавших при чрезвычайных ситуациях людей, а также уменьшить материальный ущерб. Использование генетических алгоритмов и искусственных нейронных сетей позволяет решать задачи оптимизации сложных систем универсальным методом, а задачи принятия управленческих решений, диагностики и прогнозирования решать в тех случаях, когда отсутствуют способы формального описания исследуемых объектов или явлений.

Особенности использования генетических алгоритмов

Практическая необходимость решения ряда задач оптимизации при проектировании и исследовании сложных систем привела к необходимости использования биологических механизмов поиска наилучшего решения. В настоящее время эффективные алгоритмы разрабатываются в рамках научного направления «природные вычисления», объединяющего такие направления, как генетические алгоритмы, нейросетевые вычисления, нечеткие системы. Природные механизмы миллионы лет обеспечивают адаптацию живых организмов к окружающей среде. Одним из таких механизмов является механизм наследственности. Его использование для решения задач оптимизации привело к появлению генетических алгоритмов [1].

Алгоритм решения задач оптимизации, основанный на идеях наследственности, был впервые предложен Холландом в 1975 г. и получил название репродукционного плана Холланда. Простой генетический алгоритм работает следующим образом. Вначале случайным образом задается начальная популяция (набор исходных данных). Затем запускается итерационный процесс, который продолжается до тех пор, пока не будет получено заданное число поколений данных или выполнен некоторый критерий останова. В каждом поколении данных реализуется пропорциональный отбор приспособленности, рекомбинация и вероятностная мутация. Пропорциональный отбор реализуется путем назначения каждому элементу данных вероятности P_i , равной отношению ее приспособленности к суммарной приспособленности популяции. Затем происходит отбор с замещением всех элементов данных, согласно убыванию величины вероятности P_i .

После отбора выбранных N элементов данные подвергаются рекомбинации с заданной вероятностью P_3 . После стадии рекомбинации выполняется стадия мутации.

Таким образом, генетический алгоритм имеет следующую логическую структуру [2]:

- создание начального набора данных;
- цикл по поколениям до выполнения условия останова;
- оценка приспособленности каждого элемента данных;
- отбор по приспособленности;
- случайным образом набор данных делится на две группы;
- вероятностная рекомбинация для пар элементов популяции;
- вероятностная мутация элементов популяции;
- оценка приспособленности новой популяции элементов данных;
- вычисление условия останова;
- назначение новых потомков данных;
- конец цикла по поколениям данных.

Основная проблема, связанная с применением генетических алгоритмов – это их эвристический характер. Генетический алгоритм может быть эффективной процедурой поиска оптимального решения, если выполняются следующие условия:

- пространство поиска велико, а целевая функция в области поиска не является гладкой и унимодальной;
- задача не требует нахождения глобального оптимума.

Если целевая функция является гладкой и унимодальной, то любой градиентный метод, например метод наискорейшего спуска, будет более эффективным.

Особенности использования искусственных нейронных сетей

Искусственная нейронная сеть (ИНС) – математическая модель, а также ее программное или аппаратное воплощение, построенная по принципу организации и функционирования биологических нейронных сетей – сетей нервных клеток живого организма [3]. Это понятие возникло при изучении процессов, протекающих в мозге, и при попытке смоделировать эти процессы. Первой такой попыткой были нейронные сети

У. Маккалока и У. Питтса (1943 г.). После разработки алгоритмов обучения получаемые модели стали использовать в практических целях: в задачах прогнозирования, для распознавания образов, в задачах управления и др.

ИНС представляют собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров (искусственных нейронов). Такие процессоры обычно довольно просты (особенно в сравнении с процессорами, используемыми в персональных компьютерах). Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналами, которые он периодически посылает другим процессорам (рис. 1). И, тем не менее, будучи соединенными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи.

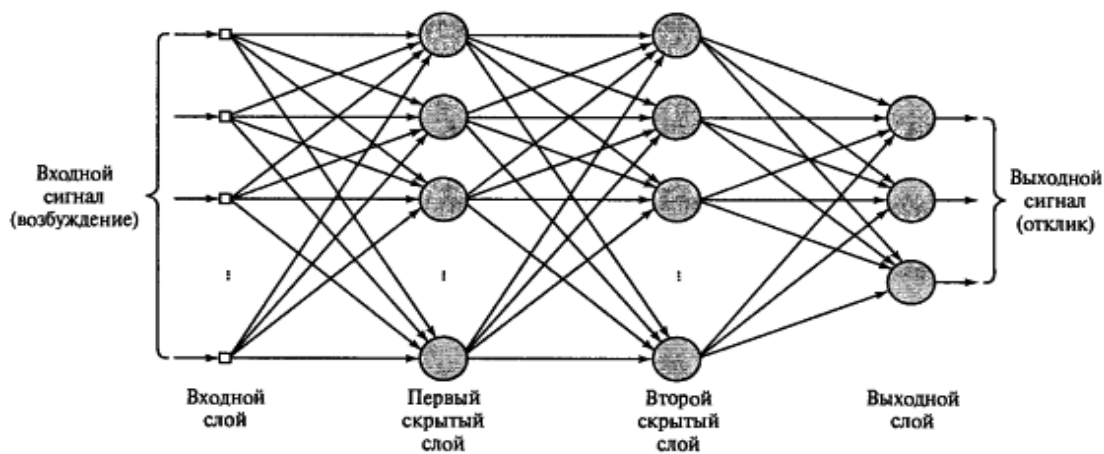


Рис. 1. Нейронная сеть

С точки зрения машинного обучения нейронная сеть представляет собой частный случай методов распознавания образов, дискриминантного анализа, методов кластеризации и т.п. С математической точки зрения обучение нейронных сетей – это многопараметрическая задача нелинейной оптимизации.

К задачам, успешно решаемым ИНС на данном этапе их развития, относятся:

- распознавание зрительных, слуховых образов – огромная область применения: от распознавания текста и целей на экране радара до систем голосового управления;
- ассоциативный поиск информации и создание ассоциативных моделей, синтез речи, формирование естественного языка;
- формирование моделей и различных нелинейных и трудно описываемых математически систем, прогнозирование развития этих систем во времени, применение на производстве, прогнозирование развития циклонов и других природных процессов, прогнозирование изменений курсов валют и других финансовых процессов;
- системы управления и регулирования с предсказанием, управление роботами, другими сложными устройствами;
- разнообразные конечные автоматы: системы массового обслуживания и коммутации, телекоммуникационные системы;
- принятие решений и диагностика, исключаяющие логический вывод, особенно в областях, где отсутствуют четкие математические модели: в медицине, криминалистике, финансовой сфере.

Уникальное свойство нейросетей – универсальность. Хотя почти для всех перечисленных задач существуют эффективные математические методы решения и, несмотря на то, что ИНС проигрывают специализированным методам для конкретных задач, благодаря универсальности и перспективности для решения глобальных задач,

например построения искусственного интеллекта и моделирования процесса мышления, они являются важным направлением исследования, требующим тщательного изучения.

Решение задач с помощью ИНС включает в себя несколько этапов:

- сбор данных для обучения;
- подготовка и нормализация исходных данных;
- выбор топологии сети;
- экспериментальный подбор характеристик сети;
- экспериментальный подбор параметров обучения;
- процесс обучения;
- проверка адекватности обучения;
- корректировка параметров, окончательное обучение;
- вербализация сети с целью дальнейшего использования.

Набор данных для обучения должен удовлетворять нескольким критериям:

- репрезентативность – данные должны отражать истинное положение вещей в предметной области;
- непротиворечивость – противоречивые данные в обучающей выборке приведут к плохому качеству моделирования исследуемого объекта.

Нормализация исходных данных выполняется, когда на различные входы ИНС подаются данные разной размерности. Выбор типа сети зависит от постановки задачи и имеющихся данных для обучения. К характеристикам ИНС относятся число нейронов, число слоев сети, передаточные функции нейронов.

Параметры обучения обычно выбирают экспериментально, исходя из критерия завершения обучения, который может заключаться в минимизации ошибки моделирования или в ограничении во времени обучения.

Обучение ИНС заключается в просмотре обучающей выборки данных. Порядок просмотра может быть последовательным или случайным, просмотр может выполняться один или несколько раз. Исходные данные могут делиться на две части: обучающую выборку и тестовые данные, используемые для определения ошибки моделирования (рис. 2).

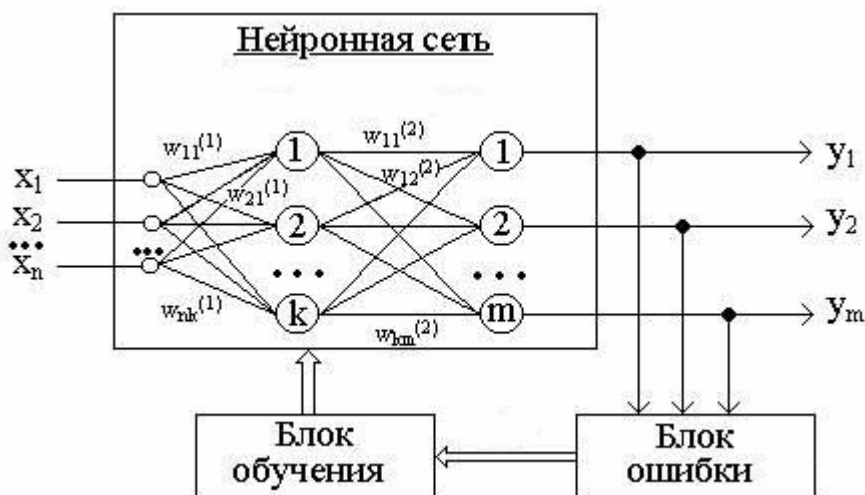


Рис. 2. Нейронная сеть с блоками обучения и вычисления ошибки

Тестирование качества обучения ИНС производится на данных, которые не участвовали в процессе обучения ИНС.

В настоящее время разработано множество типов ИНС, которые можно классифицировать следующим образом [3]:

- по типу входной информации: аналоговые и цифровые (двоичные);

- по характеру обучения: требуемые данные на выходе ИНС известны (обучение с учителем) или неизвестны (обучение без учителя);
- по виду настройки весовых коэффициентов ИНС: фиксированные весовые коэффициенты или выбор коэффициентов в процессе обучения;
- по характеру связей между нейронами ИНС: связь строго от входа к выходу или наличие обратной связи.

Пример использования ИНС для решения задач прогнозирования динамики распространения пожара и расчета сил и средств в условиях неопределенности, в которых была обоснована целесообразность использования элементов искусственного интеллекта, представлен в работе [4]. В данной работе утверждается, что лучшие результаты моделирования удалось получить на основе использования нечетких нейронных сетей ANFIS на базе пакета расширения MATLAB Neural Networks Toolbox, обеспечивающих, кроме того, автоматизацию процесса формирования системы представления знаний и адаптацию ее под решаемые задачи.

ИНС могут быть успешно использованы также и для диагностики состояния ответственного оборудования. Разработка и реализация новых алгоритмов оперативной диагностики технических объектов на основе ИНС позволяет повысить надежность устройств и вместе с тем упростить их конструкцию за счет исключения так называемого «горячего резервирования», а также уменьшить эксплуатационные расходы, расходы на техническое обслуживание и ремонт оборудования.

Однако при разработке алгоритмов диагностики и проектировании на основе ИНС до сих пор не решен ряд проблем, главными из которых являются следующие [5]:

- отсутствие формальных методов выбора типа ИНС, адекватного решаемому классу задач;
- недостаточная обоснованность выбора методов оптимизации в процедуре обучения ИНС, что приводит к большим ошибкам прогноза и времени обучения;
- высокая комбинаторная сложность проблем, связанных с автоматическим формированием топологии ИНС, что во многих случаях не позволяет создавать интеллектуальные информационные технологии на базе ИНС с минимальной сложностью.

Генетические алгоритмы являются универсальным методом оптимизации, так как они явно не учитывают специфику решаемой задачи.

В настоящее время наиболее перспективным является использование ИНС для решения задач принятия управленческих решений, диагностики и прогнозирования, прежде всего, в тех случаях, когда отсутствуют способы формального описания исследуемых объектов или явлений.

Для решения задач принятия управленческих решений, идентификации и диагностики технических объектов с помощью ИНС требуется разработка формальных методов выбора исходного описания объекта, типа ИНС, обоснованного выбора алгоритма обучения ИНС и методов оптимизации в процедуре обучения.

В терминах ИНС задача принятия управленческого решения относится к классу задач классификации, задача идентификации технического объекта относится к классу задач аппроксимации, а задача диагностики неисправностей – к группе задач классификации и распознавания образов.

Литература

1. Гасфилд Д. Информатика и вычислительная биология. СПб.: БХВ-Петербург, 2003.
2. Штовба С.Д. Муравьиные алгоритмы. М.: Exponenta, 2003.
3. Рутковский Л., Пилиньский М., Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Телеком, 2004.

4. Кипевич В.А., Станкер С.Т. Разработка системы поддержки принятия решений руководителя тушения пожара на базе нечеткой нейронной сети // Вычислительная техника и информатика. 2013. № 1.

5. Лазарев В.М., Свиридов А.П. Нейросети и нейрокомпьютеры. М.: Изд-во МГТУ РЭА, 2011.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЖИДКОСТИ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО- ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный
работник высшей школы Российской Федерации;**

О.А. Дубовский;

О.М. Пелекшин;

А.М. Ожерельев.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлены результаты научно-исследовательской работы курсантов факультета пожарной безопасности по созданию комплекса лабораторных установок для изучения физико-технических свойств жидкости на лабораторно-практических занятиях по физике.

Ключевые слова: свойства огнетушения, очаг горения, поверхностное натяжение, вязкость, скользкая вода, вязкая вода, лабораторно-практическое занятие

EXPERIMENTAL STUDY OF PHYSICAL AND TECHNICAL PROPERTIES OF LIQUID IN TRAINING ENGINEERS AND TECHNICIANS SPECIALISTS

L.V. Medvedeva; O.A. Dubovskiy; O.M. Pelekshin; A.M. Ozhereliev.

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

The article reveals the results of research work of students of the Faculty of fire to create complex laboratory facilities for the study of physical and technical properties of liquid in the laboratory and practical lessons in physics.

Keywords: fire-fighting properties, hearth burning, surface tension, viscosity, water is slippery, viscous water, laboratory and practical lessons

Наиболее распространенным средством пожаротушения является вода, физико-техническими свойствами которой являются высокая теплоемкость (теплота парообразования составляет 2 258 Дж/г), термическая стойкость (свыше 1 700 °С), значительное увеличение объема при парообразовании (1 кг воды образует при испарении свыше 1 700 л пара). Такие свойства воды обеспечивают эффективное охлаждение не только горящих объектов, но и объектов, расположенных вблизи очага горения, что позволяет предотвратить разрушение, взрыв и загорание последних, разбавление реагирующих веществ в зоне горения и изоляция горючих веществ от зоны горения.

Воду применяют для тушения твердых горючих материалов, создания водяных завес и охлаждения объектов (технологических установок, аппаратов, сооружений, зданий и др.), расположенных вблизи очагов горения.

Воду не применяют для тушения установок и оборудования, находящихся под напряжением, в связи с ее высокой электропроводностью.

При тушении водой легких нефтепродуктов и других горючих веществ с плотностью меньше плотности воды они всплывают и продолжают гореть на ее поверхности. Более того, площадь горячей поверхности при этом увеличивается, что существенно может усложнить условия тушения пожара.

Подача воды к очагу горения может быть в виде:

- сплошной (компактной) струи из лафетных стволов с насадками диаметром 28–50 мм или из ручных пожарных стволов с насадками диаметром 13–25 мм;
- распыленной струи при диаметре капель воды свыше 100 мкм;
- тонкораспыленной струи с диаметром капель воды до 100 мкм, полученной из стационарных или переносных распылителей;
- растворов, содержащих 0,2–2,0 % массы смачивателей для снижения поверхностного натяжения;
- водобромэтиловой эмульсии, содержащей 90 % массы воды и 10 % бромистого этила.

Абдурегимов И.М. отмечает удивительное свойство водных растворов, заключающееся в их способности растекаться и удерживаться на поверхности горючих углеводородных жидкостей, плотность которых на 15–20 % ниже плотности раствора пенообразователя. При использовании воды из водоисточников для пожарных целей учитывают ее огнетушащий эффект, морозоустойчивость, коррозионное воздействие, стойкость к продолжительному хранению, химическое взаимодействие воды с различными добавками, вводимыми для повышения эффекта ее использования, и другие свойства, определяющие условия ее применения [1].

Введение небольшого количества поверхностно-активных добавок в воду может повысить огнетушащие свойства воды почти в два раза. Применение загустителей – различных добавок к воде, увеличивающих вязкость и одновременно повышающих адгезию воды (способность воды прилипать к поверхности твердого горящего тела), также позволяет повысить эффективность действия воды при тушении пожаров. И, наконец, введение в воду совсем незначительного количества высокомолекулярных полимеров (сотые и даже тысячные доли процента) позволяет сократить удельное сопротивление транспортирующих такую воду трубопроводов почти в два раза. При этом отмечается эффект увеличения дальности действия как сплошных, так и распыленных водяных струй. В качестве смачивателей (поверхностно-активных добавок) используют пенообразователь ПО-1 и заменяющие его пенообразователи, а также смачиватель ДБ, представляющий собой смесь полиэтиленгликолевых эфиров. Внешне это вязкая темно-коричневая жидкость [1].

Все существующие огнетушащие средства оказывают, как правило, комбинированное воздействие на процесс горения веществ. Например, вода может охлаждать и изолировать (или разбавлять) источник горения, пенные средства действуют изолирующе и охлаждающе, наиболее эффективные газовые средства воздействуют на процесс горения одновременно как ингибиторы и как разбавители, порошки могут ингибировать горение и создавать условия огнепреграждения при образовании устойчивого порошкового облака. Однако для любого огнетушащего средства характерно какое-либо одно доминирующее свойство. Например, вода оказывает преимущественно охлаждающее воздействие на пламя, пены – изолирующее, огнетушащие средства на основе галоидоуглеводородов и порошковые составы – специфическое ингибирующее действие. Кроме того, в зависимости от условий применения проявляется то или иное свойство огнетушащего вещества. Некоторые порошковые составы при тушении горящих металлов проявляют в основном изолирующие свойства, а при подавлении горения углеводородов – ингибирующие [1].

С позиций вышеизложенного актуализируется изучение физико-технических свойств жидкостей в процессе профессиональной подготовки специалистов инженерно-технического профиля в образовательном процессе вузов МЧС России. Физическими явлениями, от которых зависят огнетушащие свойства жидкостей, протекание и эффективность процесса пенообразования, растекаемость специальных растворов являются поверхностное натяжение и вязкость.

Поверхностное натяжение – термодинамическая характеристика поверхности раздела фаз (тел), определяемая как работа обратимого изотермического образования единицы площади этой поверхности [2].

Добавление небольших количеств поверхностно-активных веществ (ПАВ) к воде (0,1–2 %) резко изменяет ее свойства. Водные растворы подобных веществ обладают небольшим поверхностным натяжением, хорошей смачивающей и моющей способностью, образуют пену. Свойства, которые приобретает вода после добавления к ней небольших количеств ПАВ, повышают ее огнетушащую способность. В основном эти свойства связаны с изменением поверхностных свойств воды и проявляются на границах раздела водных растворов с пограничной фазой. Граница раздела двух фаз может быть образована водными растворами ПАВ с твердыми телами, воздухом, насыщенным паром, водонерастворимой жидкостью. Физико-химические свойства веществ на поверхности раздела двух фаз отличаются от таких же свойств в объеме. Это различие обусловлено запасом свободной энергии на поверхности раздела.

Поверхностное натяжение характеризует поверхность раздела двух фаз и является результатом межмолекулярного взаимодействия. Межмолекулярные силы проявляются на определенном, очень небольшом расстоянии, которое определяется радиусом окружностей с центрами в точках M_1 и M_2 (рис. 1). С молекулами M_1 и M_2 взаимодействуют молекулы, находящиеся внутри этих сфер. Молекула M_1 равномерно притягивается окружающими ее молекулами, находящимися от нее на равных расстояниях. Молекула A притягивает молекулу M_1 с такой же силой, как и молекула A_1 . Так же действуют молекулы B и B_1 . Таким образом, силы, действующие на молекулу M_1 уравновешены. Равнодействующая этих сил равна нулю. Следовательно, для перемещения молекул, находящихся внутри жидкостей, не требуется затрачивать никакой работы. Силы межмолекулярного воздействия оказывают на молекулу M_2 неравномерное влияние. Действие молекул, находящихся в жидкости, не уравновешивается действием молекул, находящихся в газовой среде, так как в газообразной фазе молекулы находятся на большем расстоянии друг от друга (плотность газовой среды значительно меньше плотности жидкости). Силы молекулярного воздействия на воздух остаются неуравновешенными. Сила, действующая на молекулу M_2 , направлена внутрь жидкости. Для «вытягивания» молекулы на поверхность требуется совершить определенную работу. Работа изотермического образования новой поверхности, отнесенная к единице площади, называется поверхностным натяжением и измеряется обычно в Ньютонах на метр или Джоулях на квадратный метр. Работа создания поверхности колеблется в широких пределах и зависит от химического строения молекул и расстояния между ними. Для воды эта работа велика из-за большой силы сцепления между молекулами, а для углеводородных жидкостей намного меньше.

Поверхностное натяжение с повышением температуры уменьшается. Для большей части жидких веществ падение поверхностного натяжения с ростом температуры имеет линейный характер. Поверхностное натяжение жидких веществ, например воды, может быть снижено и при обычной температуре добавлением ПАВ. Обладая меньшим поверхностным натяжением, чем вода, и концентрируясь в поверхностном слое, они уменьшают поверхностное натяжение. Процесс концентрирования вещества в поверхностном слое называется адсорбцией.

Для того чтобы вещество было поверхностно-активным в водной среде, его молекулы должны иметь резко выраженное асимметричное строение. Они должны иметь небольшую полярную гидрофильную (родственную воде) группу, например OH , NH_2 , $COOH$, OSO_2H

и гидрофобный (не имеющий сродства к воде) сравнительно большой органический радикал, состоящий из бензольного кольца, алкильной цепочки либо соединения того и другого.

Молекулы ПАВ в поверхностном слое располагаются таким образом, что их полярная гидрофильная часть обращена к воде, а гидрофобная – к менее полярной фазе, и понижают поверхностное натяжение воды (рис. 2). При добавлении небольшого количества вещества поверхностное натяжение сначала резко снижается и при достижении определенной концентрации практически становится постоянным.

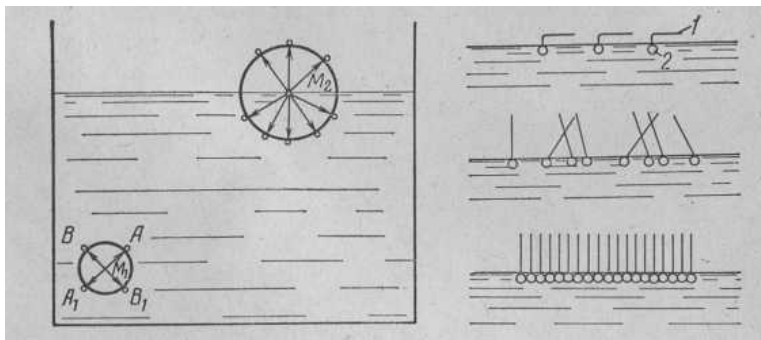


Рис. 1. Схема взаимодействия молекул

Рис. 2. Расположение молекул ПАВ в поверхностном слое:
гидрофобная часть молекулы;
гидрофильная часть молекулы

Вода, растворяя твердые неорганические вещества, хорошо смачивает их. К подобным веществам относятся соли, кислоты и т.п. Водой, как правило, приходится тушить органические вещества, например древесину, ткани и другие неродственные воде и не растворяющиеся в ней. Воды трудно проникнуть в поры подобных веществ, и при тушении

она с них стекает. Если добавить ПАВ, вода сможет проникнуть в поры веществ, растечься по их поверхности и, следовательно, можно быстро достичь эффекта тушения.

Методы, определения поверхностного натяжения делятся на статические и динамические. Для чистых неассоциированных жидкостей значения поверхностного натяжения, определяемые статическим и динамическим методами, совпадают. Для растворов ПАВ на практике поверхностное натяжение определяют полустатическим или динамическим методами. Наиболее часто применяют поднятие или опускание жидкости в капиллярной трубке, взвешивание или счет капель, максимальное давление пузырьков, отрыв кольца.

Наиболее простым является способ взвешивания или счета капель. Чем меньше поверхностное натяжение раствора, тем больше капель будет образовываться из одного и того же объема жидкостей и, следовательно, тем больше будет суммарная площадь их поверхности. В результате увеличивается скорость испарения воды, быстрее снижается температура, продукты разложения горящих веществ разбавляются до негорючих концентраций и осаждается дым [3].

Вязкость (внутреннее трение) – одно из явлений переноса, свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой. В результате происходит рассеяние в виде тепла работы, затрачиваемой на это перемещение [4]. С этим свойством связаны следующие два физико-технических состояния воды: «вязкая» вода и «скользящая» вода.

«Вязкая» вода – это вода с добавлением полимерных присадок для повышения ее адгезии со смачиваемой поверхностью, а так же хорошей растекаемостью и проникающей способностью, применяемая при тушении лесных пожаров.

«Скользкая» вода – это вода, которая получается после введения небольшого количества определенных полимерных соединений. После этого жидкость приобретает удивительные свойства. Скользящая вода течет в 2,5 раза быстрее, чем обычная, поэтому ее легко подавать сразу в большом количестве, например, при тушении пожаров.

Внутреннее трение жидкостей, как и газов, возникает при движении жидкости вследствие переноса импульса в направлении, перпендикулярном к направлению движения. Справедлив общий закон внутреннего трения – закон Ньютона:

$$\tau = -\eta \frac{\partial v}{\partial n},$$

где η – коэффициент вязкости (коэффициент динамической вязкости, динамическая вязкость); $\partial v / \partial n$ – величина градиента скорости.

Значение коэффициента вязкости η будет тем меньше, чем меньше время t «оседлости» молекул. При росте температуры динамическая вязкость уменьшается, а с увеличением давления значение коэффициента вязкости растет.

В технике, в частности, при расчете гидроприводов и в триботехнике часто приходится иметь дело с величиной кинематической вязкости, которая рассчитывается по формуле:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho},$$

где ρ – плотность жидкости; η – коэффициент динамической вязкости.

«Вязкая» вода. Помимо большого поверхностного натяжения вода обладает незначительной вязкостью, что отрицательно сказывается на ее огнетушащей способности. Вязкость воды можно увеличить, добавив к ней небольшие количества загущающих добавок органических соединений, например различных производных целлюлозы. При растворении веществ, повышающих вязкость, поверхностное натяжение растворов изменяется очень мало (на $3-5 \cdot 10^3$ Дж/м²), что не влияет на смачивающую способность раствора. Характер изменения времени тушения растворами со всеми добавками указывает, что наибольший эффект достигается при увеличении вязкости всего лишь до $2-3 \cdot 10^{-6}$ м²/с (табл.). Дальнейшее увеличение вязкости практически не влияет на эффективность тушения. По всей вероятности, столь незначительное увеличение вязкости способствует прилипанию довольно тонкого слоя воды к горящему предмету и является достаточным для тушения. Хотя для всех веществ оптимальным является вязкость $2-3 \cdot 10^{-6}$ м²/с, время тушения в зависимости от природы вещества меняется в пределах 10–25 с. Очевидно, это связано с адгезией раствора с твердым веществом. Эффективностью тушения, или коэффициентом использования, называется отношение количества воды, непосредственно участвующее в тушении, ко всей поданной воде, выраженное в процентах. Добавляя к воде незначительные количества загущающих добавок, можно повысить коэффициент ее использования более, чем в 1,8 раза [3].

«Скользкая» вода. В связи с увеличением размеров пожаров появлением новых материалов, на тушение которых требуется повышенный расход воды, более актуальным становится использование больших количеств воды без изменения диаметра напорных труб и рукавов и рабочего давления в гидросистемах. Для решения этой задачи на стенки трубопроводов наносят специальные покрытия, уменьшающие коэффициент гидравлического сопротивления и турбулентность потока в трубах. Эта задача может быть также решена введением в воду небольших количеств высокомолекулярных веществ, молекулы которых чрезвычайно большой длины, имеющих нитевидное строение, под действием потока жидкости вытягиваются вдоль потока и ориентируют молекулы воды вдоль стенок труб. Благодаря этому уменьшается турбулентность потока, снижаются гидравлические потери в трубопроводах, что ведет к увеличению расходов жидкости через них. В качестве таких добавок используют полимеры окиси этилена и полиакриламиды. Вода с добавками этих

веществ получила название «скользящей». Соединения растворяются в воде, образуя растворы, вязкость возрастает с увеличением молекулярной массы веществ и концентрации. При содержании веществ свыше 1 % вязкость резко возрастает. Как правило, текучие растворы, которые можно подсасывать к воде существующими устройствами, содержат не более 3 % высокомолекулярных соединений. Следовательно, для создания требуемого эффекта к воде следует добавлять 1–6 % подвижного раствора [3].

Таблица. Растекаемость растворов различной вязкости

Вещество	Кинематическая вязкость, $10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$	Поверхностное натяжение, $10^3 \text{ Дж}/\text{м}^2$	Растекаемость, 10^2 см^2
Вода, Натрийкарбоксиметилцеллюлоза, водный раствор	1	72,8	0,28
	1,25	71,5	0,32
	2,15	70	0,28
	7,96	70	0,32
	13,6	—	0,31
	36,2	—	0,31
Окись алкилдиметиламинов, водный раствор	1,08	29,6	1,1
	5,8	—	1,5
	11,9	26,8	1,2
	233,8	—	0,6

Разработанный комплекс лабораторных установок для изучения физико-технических свойств жидкостей и газов включает в себя три вида установок (рис.):

1. Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва капель (2 установки).
2. Определение постоянной адиабаты воздуха (3 установки).
3. Определение коэффициента динамической вязкости воздуха методом Пуазейля (3 установки).



Рис. Комплекс лабораторных установок для изучения физико-технических свойств жидкостей и газов

Цель разработки комплекса лабораторных установок:

- изучение основных понятий, связанных с явлением поверхностного натяжения (ПН) в жидкостях, опытное определение коэффициента ПН, экспериментальное исследование его зависимости от температуры и наличия примесей;
- изучение закономерностей некоторых термодинамических процессов; определение показателя адиабаты классическим методом Клемана и Дезорма;
- изучение явления внутреннего трения в газах, экспериментальное определение коэффициента динамической вязкости воздуха.

Задачами научно-исследовательской работы являлись модернизация, усовершенствование и разработка новых лабораторных установок и методик экспериментов для изучения физико-технических свойств жидкостей и газов.

Научная новизна результатов научно-исследовательской работы заключалась в том, что впервые для учебной дисциплины «Специальные главы физики» создан цикл лабораторных установок для изучения физико-технических свойств жидкостей и газов в процессе обучения курсантов, студентов и слушателей третьего курса университета ГПС МЧС России по техническим направлениям профессиональной подготовки.

Практическая значимость результатов научно-исследовательской работы заключается в том, что разработанный комплекс лабораторных установок обладает следующими показателями технической эффективности: долговечность, надежность, простота, взаимозаменяемость элементов, безопасность, а также удобство эксплуатации и обслуживания.

К важным результатам научно-исследовательской работы следует отнести:

1. Создание материально-технической базы учебной дисциплины «Специальные главы физики» для изучения раздела № 1 «Основы молекулярной физики и термодинамики».
2. Создание технических условий для проведения лабораторно-практических занятий по учебной дисциплине «Специальные главы физики» с подгруппой (16 обучающихся) в учебно-научной лаборатории нанотехнологий.
3. Создание образовательных условий для экспериментальных исследований физических явлений поверхностного натяжения и вязкости, которые являются фундаментальной основой разработки огнетушащих средств с требуемыми техническими показателями.

Литература

1. Абдурагимов И.М., Говоров В.Е., Макаров В.Е. Физико-химические основы развития и тушения пожаров. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1980.
2. Савельев И.В. Курс общей физики. М.: Наука, 1982.
3. Казаков М.В. Применение поверхностно-активных веществ для тушения пожаров. М.: Стройиздат, 1977.
4. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высш. шк., 1993.
5. Савельев И.В. Общий курс физики. М.: Наука, 1986.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высш. шк., 2001.
7. Ojovan M.I., Lee W.E. J. Appl. Phys. 2004. № 95. Pp. 3 803–3 810.

ПОДХОДЫ К ТИПОЛОГИИ МЕТОДОВ ПРОПАГАНДЫ И ОБУЧЕНИЯ ДОШКОЛЬНИКОВ И МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

О.Е. Мельник, кандидат педагогических наук.

**Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,
г. Железногорск**

Представлены подходы к типологии методов пропаганды и обучения дошкольников и младших школьников в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: пожарная безопасность, обучение, пропаганда, типология, методы, дошкольное и начальное образование

APPROACHES TO THE TYPOLOGY OF THE METHODS OF PROPAGANDA AND EDUCATION OF PRESCHOOL CHILDREN AND JUNIOR PUPILS IN THE FIELD OF FIRE SAFETY

O.E. Melnik. Siberian fire and rescue academy of State fire service of EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk

The article presents approaches to the typology of methods of propaganda and education of preschool and primary school children in fire safety.

Keywords: fire safety, education, promotion, typology, methods, pre-primary and primary education

Формирование норм здоровьесберегающего поведения в области пожарной безопасности в дошкольном и младшем школьном возрасте осуществляется посредством интеграции учебного материала в повседневную деятельность образовательных организаций, а также в ходе мероприятий по пропаганде и обучению, реализуемых подразделениями МЧС России. Эффективность пропаганды и обучения пожарной безопасности напрямую зависит от поставленной цели и адекватности выбранных для ее реализации методов.

В данной статье под термином методы пропаганды рассматриваются способы (приемы), с помощью которых можно довести понятия о пожарной безопасности, а также знания о нормах здоровьесберегающего поведения до адресата пропаганды (дошкольника или младшего школьника) [1]. Тогда как методы обучения представляют собой пути формирования у ребенка универсальных учебных действий, обеспечивающих в реальной действительности соблюдение норм здоровьесберегающего поведения и безопасной окружающей среды (профилактика пожароопасных ситуаций).

Говоря о контингенте «дошкольник» и «младший школьник», следует учесть, что для данных адресатов пропаганда пожарной безопасности осуществляется неразрывно с обучением, поскольку первоначальный личный опыт, также, как и базовый понятийный аппарат в области здоровьесберегающих технологий, у детей только начинает формироваться. От того, какой фундамент в этот возрастной период будет заложен (какие будут сформированы ценностные установки, универсальные учебные действия, мотивация, личностные качества, конкретные понятия об опасном и безопасном и пр.), зависит будущая жизнь и здоровье ребенка, его поведение, общий уровень культуры безопасности. В связи с этим в процессе осуществления мероприятий по пропаганде и обучению пожарной безопасности детей необходимо четко понимать цель педагогического воздействия и применять методы, отвечающие не только цели, а также возрастным, психолого-педагогическим особенностям и интересам детей.

С 2007 по 2014 гг. в процессе практической деятельности по пропаганде и обучению детей пожарной безопасности осуществлялось изучение эффективности различных методов в области пропаганды и обучения пожарной безопасности детей дошкольного и младшего школьного возраста. Опытно-экспериментальная деятельность была реализована на базе дошкольных организаций г. Железногорска Красноярского края: муниципальных казенных дошкольных образовательных учреждений № 19, № 70, № 60 и на базе средних образовательных школ г. Железногорска: № 91, 106, 100 и № 176. В экспериментальной работе приняли участие 937 детей в возрасте 5–10 лет, в том числе экспериментальная

группа – 471. Для получения точных данных, эксперименты проводились на базе разных образовательных организаций, в разных группах, разными преподавателями.

Все эксперименты были построены по одному принципу: констатирующий, формирующий, контрольный. Средства применялись одни и те же. Контрольно-измерительные материалы были одинаковыми.

Для оценки эффективности методов применялась адаптированная к целям исследования методика «Диагностика коммуникативно-характерологических особенностей личности», разработанная коллективом авторов во главе с Л.И. Уманским [2] и включенная в Компендиум психодиагностических методик России и СССР [3]. Методика была адаптирована научно-педагогическим коллективом кафедры безопасности жизнедеятельности Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева под структурные компоненты личности безопасного типа ребенка: физиологические, психологические, интеллектуальные и личностно-волевые.

После каждого эксперимента осуществлялся анализ показателей методами математической статистики с применением программного пакета SPSS 15. Был проведен многофакторный дисперсионный анализ, проведена оценка по критериям: след Пиллая, лямбда Уилкса, след Хотеллинга, наибольший корень Роя; показатели были проверены методом оценки межгрупповых факторов (определен индекс $p=0,002$, значимость результата $F=10,126$).

Экспериментальным путем определены методы пропаганды и обучения пожарной безопасности, стимулирующие формирование норм здоровьесберегающего поведения дошкольников и младших школьников. Результаты опытно-экспериментальной деятельности, осуществлявшейся в период с 2007 по 2014 гг., были опубликованы и неоднократно обсуждались на научно-практических конференциях разного уровня.

В процессе анализа полученных теоретических и практических результатов были выделены несколько подходов к классификации выявленных методов в зависимости от цели педагогического воздействия:

- формирование отдельных компонентов безопасного поведения ребенка;
- формирование качеств личности безопасного типа ребенка;
- формирование понятий в области культуры безопасности и норм здоровьесберегающего поведения ребенка (по способу передачи информации, с учетом особенностей восприятия информации).

В основу первой классификации положены теории формирования личности безопасного типа (Е.В. Бондаревской, С.В. Кульневича, Н.А. Лызь, В.Н. Мошкина, Л.А. Михайлова, В.П. Соломина и др.), подходы к разработке и реализации здоровьесберегающих технологий (Р. Хэвелок, Э.Э. Маккоби, Д. Кэндрик, А.П. Савина и др.). Систематизированы традиционные и специальные методы пропаганды и обучения пожарной безопасности, способствующие формированию компонентов личности, обуславливающие безопасное поведение ребенка. Это методы формирования мировоззрения, технологической готовности к безопасному поведению (формирования универсальных действий и личностных характеристик, обеспечивающих безопасное поведение при взаимодействии с пожароопасными предметами и в условиях пожара), мотивации к сохранению своего здоровья и соблюдению правил личной и общественной пожарной безопасности (рис. 1).

Вторая типология полученных методов сформулирована с учетом теоретических подходов и научно-практического опыта в области психологии личности ребенка (Л.С. Выготского, Э. Эриксона, Д.Б. Эльконина и др.), практического опыта формирования и коррекции личности ребенка в процессе социализации (Д. Мацумото, Э. Гидденс, Н.Дж. Смелзера, М.И. Шиловой, Дж.А. Майер-Волс и др.). Систематизированы методы пропаганды и обучения пожарной безопасности дошкольников и младших школьников, способствующие формированию физических, психофизических, интеллектуальных и личностно-волевых характеристик личности безопасного типа (рис. 2).



Рис. 1. Методы формирования безопасного поведения ребенка в процессе пропаганды и обучения пожарной безопасности, определенные в ходе опытно-экспериментальной деятельности на базе образовательных организаций

Третий подход к типологии методов пропаганды и обучения пожарной безопасности детей дошкольного и младшего школьного возраста обусловлен научно-практическими разработками в области предупреждения детского термического травматизма и реализации профилактических программ по пропаганде и обучению пожарной безопасности населения (Д. Нджиен, А. Сакаллоиджли, К. Вассилиа, П. Эдвардсом, С. Реймерс и Л. Лафламме, М. МакКей, Дж. Винтсен, Д. Кэндрик, Р. Хэвелок и др.); а также в области обеспечения профилактики пожарной безопасности и информационно-пропагандистской деятельности подразделений МЧС России, в том числе в образовательных организациях (С.П. Амельчугова, С.В. Амельчуговой, Ю.А. Андреева, А.С. Грекова, С.Н. Рабаданова, Т.А. Ворошиловой, В.Т. Потемкина, Г.А. Расчетина, А.И. Лукашевича и др.).

Систематизированы методы пропаганды и обучения пожарной безопасности, способствующие формированию понятий у детей дошкольного и младшего школьного возраста в области культуры безопасности и норм здоровьесберегающего поведения. В результате проведенной работы расширена и конкретизирована классификация методов, предложенная в методических рекомендациях для органов государственной власти субъектов Российской Федерации по обучению населения мерам пожарной безопасности [3, с. 11–12] (табл. 1). В основе типологии лежит принцип представления информационного сообщения по пожарной безопасности.

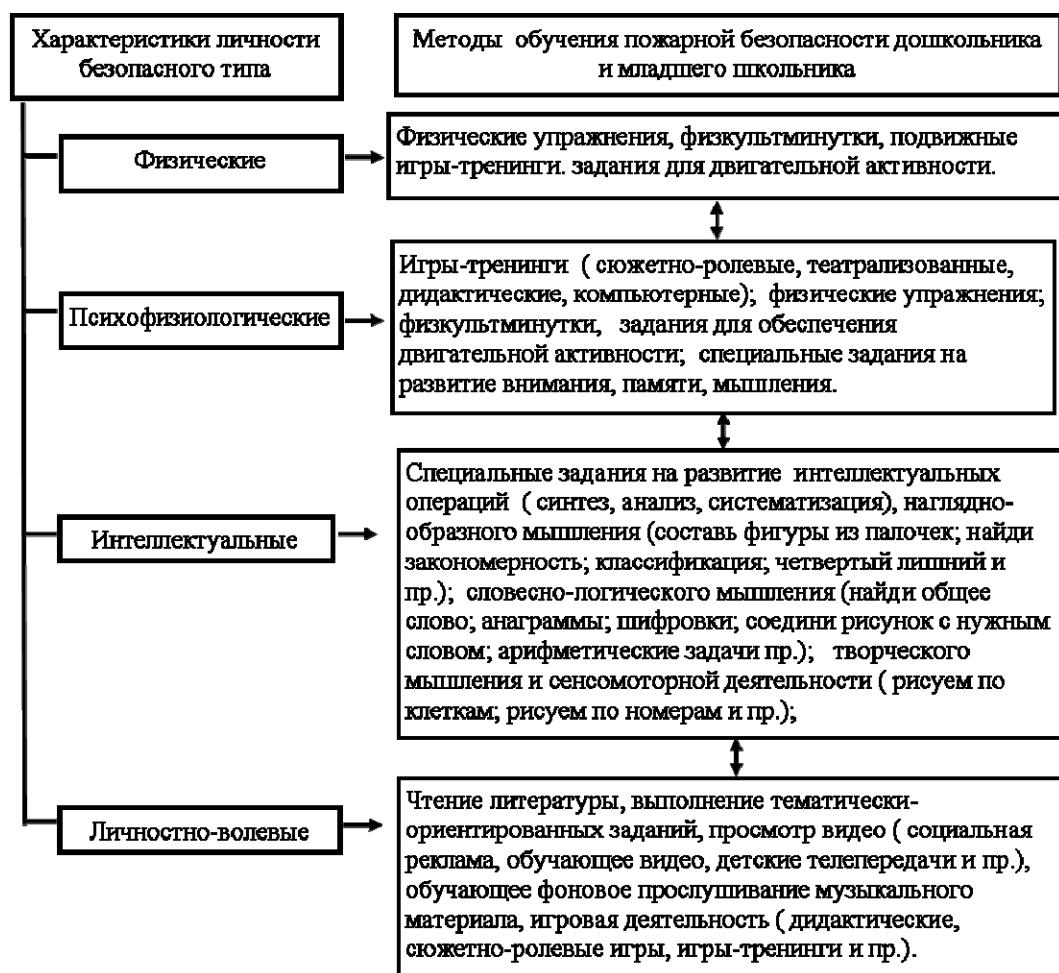


Рис. 2. Методы обучения пожарной безопасности в формировании личности безопасного типа дошкольника и младшего школьника

Таблица 1. Типология методов пропаганды и обучения ребенка в области пожарной безопасности по способу информационного сообщения

Способ передачи информационного сообщения и формирования понятий в области культуры пожарной безопасности	Методы пропаганды и обучения дошкольника и младшего школьника в области пожарной безопасности
<i>Устное сообщение</i>	Рассказ, внушение, объяснение, разъяснение, пример, беседа, увещание, инструктаж, чтение взрослыми литературных произведений детям вслух (и обсуждение их)
<i>Печатное сообщение</i>	Самостоятельное чтение детьми книг, журналов, комиксов, буклетов, информационных листов и т.п.; выполнение тематически-ориентированных заданий в специальных изданиях для детей
<i>Наглядное воздействие</i>	Обучающие рассматривание картинок и дидактического материала, изучение экспозиций выставок, изучение реальных объектов (во время посещения пожарных частей, выставок, показательных мероприятий и пр.)
<i>Средства массовой информации</i>	Социальная реклама, детские телевизионные и радиопередачи
<i>Аудиовизуальное воздействие</i>	Просмотр обучающего видео с последующим критическим анализом содержания с точки зрения безопасности; обучающее и фоновое прослушивание музыкального материала

Способ передачи информационного сообщения и формирования понятий в области культуры пожарной безопасности	Методы пропаганды и обучения дошкольника и младшего школьника в области пожарной безопасности
<i>Активизация творческой деятельности</i>	Игровое взаимодействие (сюжетно-ролевые, театрализованные, дидактические игры), методы создания художественного изображения (аппликация, раскрашивание, мозаика и т.д.)
<i>Практико-ориентированные методы</i>	Приучение, поручение, педагогическое требование, воспитывающие ситуации, упражнение, соревнование; методы физической культуры (физкультминутки, физические упражнения, подвижные игры, соревнования, эстафеты, праздники); игры-тренинги (сюжетно-ролевые, театрализованные, подвижные, обучающие, дидактические, компьютерные)
<i>Методы опосредованного контроля</i>	Общественное мнение, поощрение, наказание, опосредованное тестирование (олимпиады, конкурсы), наблюдение

Четвертый подход к типологии методов пропаганды и обучения пожарной безопасности детей дошкольного и младшего школьного возраста базируется на психологических особенностях восприятия, согласно теоретическим разработкам по психологии личности ребенка (Л.С. Выготского, Э. Эриксона, Д.Б. Эльконина и др.) и подходам к реализации здоровьесберегающих технологий (Р. Хэвелок, Э.Э. Маккоби, Д. Кэндрик, А.П. Савина и др.) (табл. 2).

Таблица 2. Типология методов пропаганды и обучения пожарной безопасности дошкольников и младших школьников по способу восприятия

Тип восприятия	Канал получения информации	Способ передачи информационного сообщения по пожарной безопасности	Примеры методов обучения ребенка нормам здоровьесберегающего поведения в области пожарной безопасности
Визуальное (образы и символы)	Зрительный	Наглядное воздействие	Рассматривание картинок и дидактического материала, экспозиций выставок, изучение реальных объектов (во время посещения пожарных частей, выставок, показательных мероприятий и пр.)
		Печатное сообщение	Самостоятельное чтение детьми книг, журналов, комиксов, буклетов, информационных листов и т.п.; выполнение тематически-ориентированных заданий в специальных изданиях для детей
		Средство массовой информации	Просмотр социальной рекламы, детских телевизионных передач
Аудиальное (звуковые сигналы)	Слуховой	Устное сообщение	Рассказ, внушение, объяснение, разъяснение, пример, беседа, увещание, инструктаж, чтение взрослыми литературных произведений детям вслух (и обсуждение их); радиопередачи
		Музыка	Обучающее и фоновое прослушивание музыкального материала
Тактильное (ощущения)	Осязательный	Активизация творческой деятельности	Методы создания художественного изображения (аппликация, раскрашивание, мозаика и т.д.)

Тип восприятия	Канал получения информации	Способ передачи информационного сообщения по пожарной безопасности	Примеры методов обучения ребенка нормам здоровьесберегающего поведения в области пожарной безопасности
		Практико-ориентированные методы	Игры-тренинги, методы физической культуры; интерактивные экскурсии (тактильное изучение экспонатов выставки)
Органо-лептическое (запах, вкус)	Обонятельный вкусовой	Наглядного воздействия	Демонстрация на показательных выступлениях реальных действия по устранению очагов горения (запах гари, дыма, газа и пр.)
		Практико-ориентированные методы	Опытно-экспериментальная деятельность детей в рамках учебно-познавательной, развлекательной и научной деятельности, осуществляемой под руководством специалистов МЧС России (поджигание, тушение, проведение химических реакция по изучению процессов горения и пр.)

Выбор методов пропаганды и обучения, отвечающих цели и формированию личности безопасного типа ребенка и задачам популяризации культуры безопасности в рамках области «Пожарная безопасность», может варьироваться в зависимости от задач пропагандистской деятельности.

Литература

1. Методические рекомендации для органов государственной власти субъектов Российской Федерации по обучению населения мерам пожарной безопасности / А.И. Лукашевич [и др.]. М.: ВНИИПО, 2012. С. 11.
2. Диагностика коммуникативно-характерологических особенностей личности / Л.И. Уманский [и др.]. URL: http://www.ht.ru/press/events/spisok_metodik.php (дата обращения: 10.11.2009).
3. Список методик, вошедших в Компендиум психодиагностических методик России и СССР. URL: http://www.ht.ru/press/events/spisok_metodik.php (дата обращения: 10.11.2009).
4. Мельник О.Е. Методическое руководство по пропаганде и обучению пожарной безопасности в организациях дошкольного и начального образования. Красноярск: Версо, 2015. 199 с.

ЭКСПЕРТНЫЕ СИСТЕМЫ СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

Т.Н. Антошина, кандидат педагогических наук;
А.А. Кабанов, кандидат юридических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы создания экспертной системы судебной экспертизы.

Ключевые слова: экспертная система, методология, проектирование, структурный анализ, судебно-экспертное учреждение, технология, системы искусственного интеллекта, моделирование, эксперимент

ISSUES OF STRUCTURAL ANALYSIS METHODOLOGY USE FOR EXPERT SYSTEMS DESIGN AND MODELING ARE EXAMINED

T.N. Antoshina; A.A. Kabanov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Considers creation of an expert system for forensic examination.

Keywords: expert system, methodology, designing, structural analysis, judicial and expert institution, technology, artificial intelligence systems, modeling, experiment

Компьютерные технологии как наиболее быстро развивающаяся отрасль информационных технологий проникают во все сферы человеческой деятельности. Не является исключением и судебная экспертиза. Государственный стандарт высшего профессионального образования требует изучения компьютерных технологий в экспертной деятельности, в том числе систем искусственного интеллекта. Искусственный интеллект как основа новой информационной технологии имеет уже немалую историю.

Экспертные системы – это направление исследований в области искусственного интеллекта по созданию вычислительных систем, умеющих принимать решения, схожие с решениями экспертов в заданной предметной области [1].

Современные экспертные системы начали разрабатываться исследователями искусственного интеллекта в 1970-х гг., а в 1980-х получили коммерческое подкрепление. Термин «Искусственный интеллект» получил свое официальное наименование с 1969 г., когда в г. Вашингтоне состоялась I Международная конференция по искусственному интеллекту (англ. – computer science). Значительное количество книг об этом направлении искусственного интеллекта (об экспертных системах) появилось в конце 1980–1990-х гг. [2–9]. У одного из авторов данной статьи – А.А. Кабанова – также была публикация в 1991 г.: «Опыт разработки и внедрения прототипа проектируемой экспертной системы» [10].

Значительное внимание теории и практике экспертных систем уделяется и в современной технической литературе [11–14]. Однако в классическом учебнике «Теория судебной экспертизы», подготовленном тремя авторитетными докторами юридических наук [15], в котором основам информатизации и компьютеризации судебно-экспертной деятельности посвящена целая глава (более 40 страниц), экспертные системы упоминаются лишь два раза: на странице 361 упоминается разработка криминалистов Украины по почерковедческой экспертизе «Dia» и на странице 373 приводится мнение о том, что «на передний план выдвинуты проблемы создания не экспертных систем, полностью заменяющих человека, а интерактивных систем гибридного интеллекта...».

Понятие гибридного интеллекта представляет также значительный интерес, однако цели и задачи создания гибридного интеллекта и экспертных систем существенно различаются. Таким образом, в настоящее время в таком важном направлении интеллектуальной деятельности, как судебная экспертиза, готовые и эффективно функционирующие экспертные системы неизвестны.

Отдельные вопросы, касающиеся этого направления искусственного интеллекта, продолжают находиться в сфере научных интересов ученых. Однако среди перечисленных публикаций ни одна не рассматривает вопросы создания экспертных систем для судебной экспертизы.

Таким образом, вопросы создания экспертной системы судебной экспертизы являются актуальными.

Имеющийся опыт разработки и внедрения прототипа экспертной системы [10, 16, 17] показывает возможность успешного решения подобного рода вопросов.

Рассмотрим еще несколько аргументов в обоснование необходимости разработки экспертных систем для судебной экспертизы. Надо ли учить глухонемых ораторскому

искусству? Вопрос, конечно, риторический. Аналогично в случае, когда человек обращается к эксперту за помощью, он даже не пытается понять, откуда у эксперта знания и опыт и почему он доверяет этому эксперту. Следовательно, экспертная система судебной экспертизы должна быть такой, чтобы человек (пользователь экспертной системы) смог получить авторитетный ответ на свой вопрос даже в случае, когда он не может его четко сформулировать. Причем ответ должен строго соответствовать действительно имеющему место вопросу.

Второе важное обстоятельство, обосновывающее необходимость разработки экспертных систем судебной экспертизы, состоит в том, что истина всегда бесконечна не только количественно, но и качественно. Поэтому ответ от компьютерной экспертной системы должен быть получен методом последовательных приближений. Сначала – совершенно очевидные истины, типа «обжегшись на молоке, дуют на воду» или «не зная броду, не суйся в воду». Лишь далее, последовательно уточняя ситуацию посредством задания вопросов, выбора с очевидными для человека и простыми вариантами ответа в виде цифры, соответствующей строке в меню, наиболее близкой к реальной ситуации, вызвавшей необходимость в экспертизе. Другой вариант – выбор посредством прикосновения человека к сенсорному экрану в некоторой его области, окрашенной в цвет, позволяющий сделать правильный выбор (на монохромном экране вместо цвета можно использовать градации яркости серого цвета).

Язык манипулирования получаемыми от экспертной системы знаниями должен различаться в зависимости от предпочтений пользователя. Некоторые люди предпочитают общение посредством математических объектов, например, цифрами. В качестве такого субъекта можно рассматривать одного из героев сказки Антуана де Сент-Экзюпери «Маленький принц» – «делового человека», у которого были сосчитаны «пятьсот один миллион двадцать две тысячи семьсот тридцать одна» звезда. Цифровой выбор удобен отсутствием необходимости учитывать латинский или русский шрифт, а также верхний или нижний регистр. Прямо противоположный вариант общения пользователя с экспертной системой – выбор варианта посредством цветовых объектов на экране, в том числе не дискретных, а плавно изменяющихся – «как во времена расцвета искусств живописец играл красками своей палитры». Еще один, сравнительно новый вариант выбора – голосовое общение человека с компьютером.

В ряде случаев вполне достаточно бинарного выбора – «горячо–холодно», «белое–черное», «красное–зеленое» и т.п. Для людей со значительной степенью сомнения в своей оценке окружающей действительности подходят методы так называемой нечеткой логики.

Решение о степени точности ответа в соответствии со сложившейся ситуацией остается за человеком. Критерием продолжительности диалога с экспертной системой является время. Например, в случае, если надо выбрать средство тушения пожара в конкретной ситуации из имеющихся вариантов и этот процесс затянуть очень надолго, то тушить будет уже нечего. Все сгорит полностью. Процесс судебной экспертизы, в свою очередь, ограничен процессуальными сроками.

Следует иметь в виду, что воплощенная в экспертной системе модель предметной области должна включать в себя обобщенную общенаучную модель мира, собственно модель предметной области, а также модель пользователя, формируемую в процессе ответов на его вопросы. Таким образом, экспертная система должна иметь свойство обучения, то есть быть в определенном смысле экспертной обучающей системой. Это обстоятельство позволит достаточно динамично отлаживать экспертную систему в процессе обучения специалистов – судебных экспертов. В то же время влияние на процесс обучения позволит получить конкретную пользу от прототипа создаваемой экспертной системы.

Общенаучная составляющая модели, на которой основывается база знаний экспертной системы, должна включать в себя при поверхностном ознакомлении вполне очевидные истины, которые, с одной стороны, могут настораживать пользователя своей очевидностью, а, с другой стороны, повышают доверие к экспертной системе посредством

согласия модели мира, сформированной у человека с моделью, хранящейся в памяти компьютера.

В качестве доказательства значимости такого подхода можно вспомнить «Черный квадрат» К. Малевича (XX в.). Эта картина, раздражающая многих именно своим символизмом, очевидной простотой, у многих вызывает сложные ассоциации, иллюстрирующие соотношение конечного и бесконечного. Не случайно и в современной литературе по информационным технологиям авторы одной из книг [18] сравнивают картину К. Малевича с изображением бесконечной вселенной – «Великая тьма» астролога Р. Флудда (XVII в.).

Интересную ассоциацию порождает эмблема МЧС России. В центре эмблемы изображен равносторонний треугольник внутри окружности. Треугольник – это плоская фигура с минимально возможным количеством сторон. Если количество сторон уменьшить до двух, то получим вырождение плоской фигуры в отрезок прямой линии, обе стороны которой сольются, и площадь такой фигуры будет равна нулю. Увеличение количества сторон вдвое – шестигранник – сделает фигуру более похожей на круг. Двенадцатигранник, двадцатичетырехгранник, сорокавосмигранник, девяностошестигранник – еще менее отличимы от круга. Таким образом, равносторонняя плоская фигура с бесконечным числом сторон фактически описывает наше представление об окружности, состоящей из бесконечного количества точек, равноудаленных от центра. Длина каждой хорды такого бесконечногранного равностороннего объекта будет равна нулю как результат деления конечного числа 2π на бесконечность.

Этот довольно простой пример соотношения конечного и бесконечного хорошо иллюстрирует возможность на примере конечной модели предметной области весьма точно описать бесконечно сложный окружающий мир.

Изложенное позволяет сделать вывод об актуальности и возможности в настоящее время разработать экспертную систему судебной экспертизы.

Литература

1. Экспертные системы // Портал искусственного интеллекта. URL: <http://www.aiportal.ru/articles/expert-systems/expert-systems.html> (дата обращения: 23.06.2015).
2. Поспелов Г.С. Искусственный интеллект – основа новой информационной технологии. М.: Наука, 1988. 280 с.
3. Поспелов Д.А. Фантазия или наука: на пути к искусственному интеллекту. М.: Наука, 1982. 224 с.
4. Эндрю А. Искусственный интеллект: пер. с англ. / под ред. Д.А. Поспелова. М.: Мир, 1985. 264 с.
5. Попов Э.В. Экспертные системы: Решение неформализованных задач в диалоге с ЭВМ. М.: Наука, 1987. 288 с.
6. Практическое введение в технологию искусственного интеллекта и экспертных систем с иллюстрациями на Бейсике / Р. Левин [и др.]. М.: Финансы и статистика, 1991. 239 с.
7. Нейлор К. Как построить свою экспертную систему. М.: Энергоатомиздат, 1991. 286 с.
8. Зуев К.А. Компьютер и общество. М.: Политиздат, 1990. 315 с.
9. Баранов А.К., Карпычев В.Ю., Минаев В.А. Компьютерные экспертные технологии в органах внутренних дел. М.: Академия МВД России, 1992. 130 с.
10. Кабанов А.А., Стрельников П.М. Опыт разработки и внедрения прототипа проектируемой экспертной системы // Тренажеры и компьютеризация профессиональной подготовки: тез. докл. III Всесоюзной науч.-практ. конф., 1–3 окт. 1991. М.: СНИО, 1991. С. 173–174. Доп. переиздание ст. в сб.: Кабанов А.А. Информация и правоохранительная деятельность: сб. ст., докл. и выступл. на конф., семинарах, симпоз. и совещ., опублик. в период с 1986 по 2001 гг. / под общ. ред. и с предисл. В.П. Сальникова. СПб.: СПб ун-т МВД России, 2002. С. 17–18.
11. Советов Б.Я., Цехановский В.В., Чертовский В.Д. Представление знаний в информационных системах. М.: Академия, 2012. С. 116–138.

12. Компьютерные технологии в экспертной деятельности: сб. науч. ст. курсантов фак-та подгот. следств. работников С.-Петербур. ун-та МВД России / под науч. ред. А.А. Кабанова. СПб.: С.-Петербур. ун-т МВД России, 2008. 33 с.
13. Компьютерные технологии в экспертной деятельности: сб. науч. ст. курсантов фак-та подгот. следств. работников СПб ун-та МВД России. Вып. 2 / под науч. ред. А.А. Кабанова. СПб.: С.-Петербур. ун-т МВД России, 2010. 28 с.
14. Компьютерные технологии в экспертной деятельности: сб. ст. курсантов фак-та подгот. следств. работников С.-Петербур. ун-та МВД России. Вып. 3 / под науч. ред. А.А. Кабанова. СПб.: СПб ун-т МВД России, 2011. 29 с.
15. Теория судебной экспертизы: учеб. / Е.Р. Россинская [и др.]. М.: Норма: ИНФРА-М, 2013. 384 с.
16. Кабанов А.А. Экспертные обучающие системы. Что это? // Информация и правоохранительная деятельность: сб. ст., докл. и выступл. на конф., семинарах, симпоз. и совещ., опубл. в период с 1986 по 2001 гг. / под общ. ред. и с предисл. В.П. Сальникова. СПб.: С.-Петербур. ун-т МВД России, 2002. С. 14–15.
17. Григорьев В.К., Кабанов А.А. Перспективы развития АОС ВУЗ/СМ и возможности применения средств логического вывода // Совершенствование принципа обучения и воспитания в новых условиях деятельности училища: тез. науч.-методич. конф., 30 нояб. 1993. СПб.: ВВКУ ВВ МВД России, 1993. С. 2–7.
18. Александров В.В., Кулешов С.В., Цветков О.В. Цифровая технология инфокоммуникации. Передача, хранение и семантический анализ текста, звука, видео. СПб.: Наука, 2008. 244 с.
-
-
-

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

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

Буданов Дмитрий Сергеевич – командир взвода Сиб. пож.-спас. акад. ГПС МЧС России, зам. нач. каф. ПиПКС (662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), тел. 8-983-296-05-62, stemyl@rambler.ru;

Гагарина Татьяна Владимировна – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: tatiys27@yandex.ru;

Гращенко Екатерина Андреевна – курсант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ekaterina.grashenko@mail.ru;

Дубовский Олег Анатольевич – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Егорова Н.И. – доц. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. физ.-мат. наук;

Иванов Анатолий Николаевич – проф. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, e-mail: iv.52@mail.ru, канд. техн. наук, проф.;

Иванов Константин Серафимович – зав. каф. мех. и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: ksiva1957@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

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

Коморовский Витольд Станиславович – ст. науч. сотр. отд. инф. техн. и комп. моделир. Центра НИОКР Сиб. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50 А, стр. 2), тел. 8 (391) 249-47-28, e-mail: nio_sniokr@mail.ru, канд. техн. наук;

Конюшенко И.О. – СПб гос. ун-т (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9), канд. физ.-мат. наук;

Крюкова Марина Сергеевна – зам. нач. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. процессов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: krukova_ms@mail.ru;

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

Кузьмина Татьяна Анатольевна – науч. сотр. отд. расч. методов и инф. технол. в экспертизе пожаров Науч.-исслед. ин-та персп. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (193079, Октябрьская наб., д. 35), тел. (812) 441-07-46 (доб. 6135), e-mail: kuzmina@spbugps.ru;

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

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: luvlmed@mail.ru, д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Мельник Ольга Евгеньевна – ст. инспектор отд. восп. работы ФГБОУ ВО Сиб. пож.-спас. акад. (662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Северная, д. 1), e-mail: Sherstnevao-work@yandex.ru, канд. пед. наук;

Мороз Наталья Александровна – доц. каф. мех. и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: n_moroz@list.ru, канд. техн. наук;

Немец В.М. – СПб гос. ун-т (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7–9), д-р техн. наук, проф.;

Ожерельев Александр Михайлович – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Пелекшин Олег Михайлович – слушатель СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Подружкина Татьяна Александровна – нач. каф. прикл. мат. и информ. технол. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, e-mail: pta@igps.ru, канд. пед. наук, доц.;

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

Тарасова Ольга Юрьевна – препод. каф. высш. мат. и систем. моделир. слож. процессов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: helgatar@gmail.com, канд. техн. наук, доц.;

Фоминых Анастасия Александровна – курсант СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: nastena_fominih@mail.ru;

Широухов Александр Валерьевич – зам. зав. каф. мех. и инж. графики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: Mechanika2002@yandex.ru;

Черных Андрей Климентьевич – проф. каф. переподгот. и повыш. квалиф. спец-в (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, доц.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

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

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

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

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

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

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

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

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований, позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический

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

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

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

В состав университета входят:

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

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

В университете созданы:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб университета.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

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

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

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

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

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

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

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

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

3. Оформление текста:

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

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

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

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

4. Оформление формул в тексте:

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

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

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

5. Оформление рисунков и таблиц:

а) рисунки необходимо выделять отдельным блоком для удобства переноса в тексте или вставлять из файла, выполненного в любом из общепринятых графических редакторов, под рисунком ставится: Рис. 2. и далее следуют пояснения;

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2, на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

в) если в тексте одна таблица или один рисунок, то их нумеровать не следует;

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

д) в тексте ссылки на таблицы и рисунки делаются следующим образом: рис. 2, табл. 4, если всего один рисунок или одна таблица, то слово пишется целиком: таблица, рисунок.

6. Оформление библиографии (списка литературы):

а) в тексте ссылки на цитируемую литературу обозначаются порядковой цифрой в квадратных скобках;

б) список должен содержать цитируемую литературу, пронумерованную в порядке ее упоминания в тексте.

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

1. Адорно Т.В. К логике социальных наук // Вопросы философии. 1992. № 10. С. 76–86.

2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [и др.] // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.

3. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: пособ. для лесных пожарных. 5-е изд., перераб. и доп. М.: ВНИИЛМ, 2002.

4. Грэждяну П.М., Авербух И.Ш. Вариант вероятностного метода оценки оползнеопасности территории // Современные методы прогноза оползневых процессов: сб. науч. тр. М.: Наука, 1981. С. 61–63.

5. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Безопасность и отдых: системный взгляд на проблему рисков // Туризм и рекреация: тр. II Междунар. конф. / МГУ им. М.В. Ломоносова. М., 2007. С. 329–334.

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электрон. науч. журн. 2006. № 4. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

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

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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

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

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

Научно-аналитический журнал

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

№ 4 (16) – 2015

Выпускающий редактор П.А. Болотова

Подписано в печать 26.12.2015. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. 11,25 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 128

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