

БЕЗОПАСНОСТЬ ВЕЩЕСТВ И МАТЕРИАЛОВ

УДК 537.228

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ ФЕРРОМАГНЕТИК-СЕГНЕТОЭЛЕКТРИК В ОБЛАСТИ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

А. Г. Горшков, С. А. Гриднев

Рассмотрена методика получения тонкопленочных наноконпозитов «ферромагнетик-сегнетоэлектрик» двух систем: $\text{Co}_x\text{-(ЦТС)}_{100-x}$ и $(\text{CoFeZr})_x\text{-(ЦТС)}_{100-x}$. Изучены диэлектрические свойства конпозитов в широком диапазоне температур. Установлено влияние концентрации ферромагнитной фазы на температуру и скорость кристаллизации.

Ключевые слова: тонкие пленки, наноконпозиты, электропроводность, аморфное состояние, кристаллизация.

В настоящее время большой научный интерес вызывают исследования ферромагнитно-сегнетоэлектрических смесевых композиционных материалов, представляющих собой гранулы магнитного металлического материала, распределенные в немагнитной диэлектрической матрице. С одной стороны, этот интерес обусловлен возможностью реализации ряда замечательных свойств, прежде всего магнитоэлектрических, а с другой — потенциальными возможностями их практического применения в науке и технике. Причиной этого является то обстоятельство, что в формировании физических свойств конпозитов основную роль играют особенности гетерогенной структуры, а также структурные перестройки, возникающие при изменении внешних воздействий и внутренних параметров.

Взаимосвязь ферромагнитных и сегнетоэлектрических явлений лучше всего проявляется в том случае, когда оба вещества в гранулах наноконпозита находятся в кристаллическом состоянии.

Горшков Александр Геннадьевич, канд. физ.-мат. наук, Воронежский институт ГПС МЧС России, e-mail: gorsic@mail.ru

Гриднев Станислав Александрович, д-р физ.-мат. наук, проф., Воронежский государственный технический университет, e-mail: f-r-t-e@yandex.ru

В то же время пленки сложных оксидов, полученные методом ионно-лучевого распыления мишеней на ситалловые подложки при комнатной температуре, являются аморфными [1, 2]. Поскольку аморфное состояние является термодинамически метастабильным, оно при достаточно высоких температурах испытывает перестройку в кристаллическую структуру, т. е. происходит процесс кристаллизации. Поэтому важно выявить, при каких условиях будет происходить этот процесс и как он может повлиять на величину магнитоэлектрического коэффициента в готовых конпозитах, что представляет несомненный интерес как для фундаментальной науки, так и для определения границ технического применения этих материалов в новых изделиях.

В работе проведено изучение особенностей структуры и диэлектрических свойств наногранулированных композиционных материалов типа сегнетоэлектрик-ферромагнетик в области высоких температур, а также основных законов кинетики их кристаллизации в процессе изотермического отжига.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы тонкопленочных наноконпозитов $\text{Co}_x\text{-(Pb}_{0,81}\text{Sr}_{0,04}\text{(Na}_{0,5}\text{Bi}_{0,5})_{0,15}\text{(Zr}_{0,575}\text{Ti}_{0,425})\text{O}_3)_{100-x}}$, далее $\text{Co}_x\text{-(ЦТС)}_{100-x}$ и $(\text{CoFeZr})_x\text{-(ЦТС)}_{100-x}$, в которых диэлектрическая матрица представляла собой сегнетоэлектрический материал. Образцы были получены методом ионно-лучевого распыления мише-

ней в смешанной газовой атмосфере «аргон + кислород» при парциальном давлении кислорода $5,2 \cdot 10^{-3}$ Па. Для напыления образцов использовалась составная мишень, состоящая из литой кобальтовой, или Co-Fe-Zr, основы с керамическими пластинами цирконата-титаната свинца (ЦТС) на её поверхности. Неравномерное расположение пластин позволило в одном технологическом процессе (при одних условиях) получить образцы с широким соотношением металлической и диэлектрической фаз (от 0 до 75 ат. % Co и ат. % CoFeZr).

В свеженанесенных образцах нанокompозитов $Co_x(ЦТС)_{100-x}$ и $(CoFeZr)_x(ЦТС)_{100-x}$ диэлектрическая компонента (т. е. ЦТС) находится в аморфном состоянии, а металлическая компонента — в кристаллическом. Аморфное состояние вещества является неупорядоченным, неравновесным и изменяется со временем. Более того, аморфный ЦТС не обладает ни сегнетоэлектрическими, ни пьезоэлектрическими свойствами и поэтому не может использоваться в композитах для установления магнитоэлектрической связи. Его нужно перевести в кристаллическое состояние, т. е. кристаллизовать, например, методом высокотемпературного отжига при температуре выше температуры кристаллизации $T_{кр}$.

Для определения температуры кристаллизации аморфной фазы ЦТС в нанокompозитах $Co_x(ЦТС)_{100-x}$ и $(CoFeZr)_x(ЦТС)_{100-x}$ были проведены измерения температурной зависимости электрического сопротивления R . Данные показали, что в образцах системы $Co_x(ЦТС)_{100-x}$ и $(CoFeZr)_x(ЦТС)_{100-x}$ при нагревании происходит резкое уменьшение R при температуре $T_{кр}$, лежащей в зависимости от состава композита в пределах 275—380 °C (рис. 1).

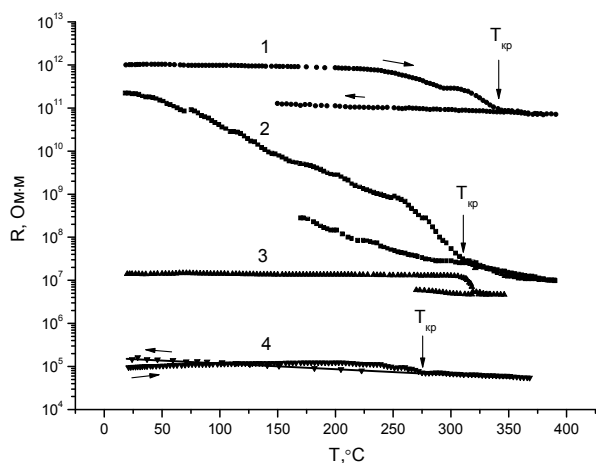


Рис. 1. Температурные зависимости удельного электрического сопротивления R для композитов $Co_x(ЦТС)_{100-x}$ с разным содержанием Co, ат. %: 1 — 0; 2 — 23; 3 — 26; 4 — 51 ат. %

Столь значительное изменение величины R может быть связано с перестройкой композита в указанном интервале температур в процессе пре-

вращения аморфной структуры ЦТС в кристаллическую. После такой термообработки кристаллизованные образцы композитов сохраняют и при последующем охлаждении низкие значения R , причем наблюдаемое при этом температурное поведение электросопротивления R характерно для неметаллических материалов. Отметим, что температура кристаллизации $T_{кр}$, показанная на рис. 1 как точка, в которой совпадают кривые $R(T)$, измеренные на нагрев и охлаждение, достаточно хорошо согласуется с температурой экзотермического пика на зависимости дифференциально-термического отклика (сигнала ДТА) от температуры.

Переход в кристаллическое состояние регистрировался также по температурным зависимостям диэлектрической проницаемости $\epsilon(T)$ и тангенса угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta(T)$ (рис. 2).

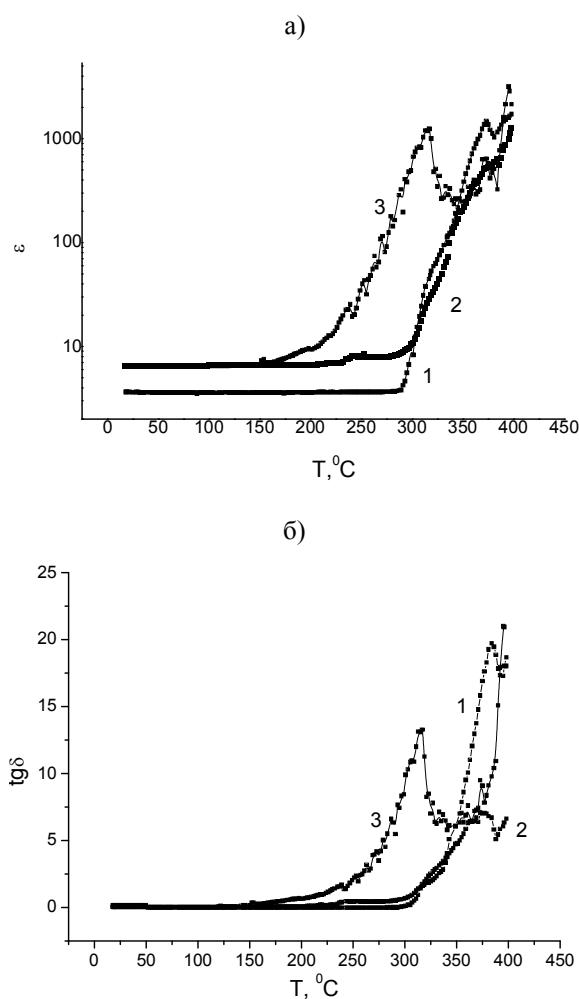


Рис. 2. Зависимости диэлектрической проницаемости (а) и тангенса угла диэлектрических потерь (б) от температуры на частоте 10 кГц для композита $(CoFeZr)_{35}(ЦТС)_{65}$: 1 — до отжига; 2 — отжиг 30 мин при $T = 400$ °C; 3 — 1 ч отжига при $T = 400$ °C

На кривых $\epsilon(T)$ и $\text{tg}\delta(T)$ для образца $(CoFeZr)_{35}(ЦТС)_{65}$, находящегося в исходном состоянии, отсутствуют какие-либо изменения вблизи 300 °C. После отжига исходного образца в тече-

ние 30 мин выше температуры кристаллизации (350 °С), определенной по температурным зависимостям электросопротивления, никаких изменений на кривых $\varepsilon(T)$ и $\text{tg}\delta(T)$ также обнаружено не было. Затем этот же образец отжигали в течение одного часа при температуре 400 °С и проводили повторное измерение $\varepsilon(T)$ и $\text{tg}\delta(T)$. На отожженном образце вблизи 300 °С теперь наблюдались пики, как на $\varepsilon(T)$, так и на $\text{tg}\delta(T)$, соответствующие сегнетоэлектрическому фазовому переходу ($T_C = 300$ °С) в ЦТС. Причем с увеличением времени отжига значения ε росли, приближаясь к величинам, характерным для поликристаллических образцов ЦТС. Было установлено, что зависимость $\varepsilon(T)$ в окрестности T_C подчиняется закону Кюри-Вейсса:

$$\varepsilon = \varepsilon_\infty + C_W / (T - \theta), \quad (1)$$

где ε_∞ — независимая от температуры составляющая диэлектрического отклика; C_W и θ — константа Кюри-Вейсса и температура Кюри-Вейсса соответственно.

Поэтому можно сделать вывод, что в результате кристаллизации аморфных образцов композитов в указанном режиме возникает фаза, обладающая сегнетоэлектрическими свойствами.

Для выяснения кинетики кристаллизации аморфных образцов $\text{Co}_x(\text{ЦТС})_{100-x}$ были проведены измерения временных зависимостей структурно-чувствительного параметра σ для составов $x = 0, 23$ и 36 ат. % при температуре 290 °С, близкой к температуре кристаллизации ($T_{кр} = 318$ °С). Для получения информации о состоянии процесса кристаллизации определялся относительный объем кристаллической фазы $V_{кр}$ для любого момента времени:

$$V_{кр} = \frac{\sigma_k [\sigma(t) - \sigma_n]}{\sigma(t) [\sigma_k - \sigma_n]}, \quad (2)$$

где σ_n и σ_k — начальная и конечная электрическая проводимость для аморфного и кристаллизованного образца соответственно; $\sigma(t)$ — проводимость в момент времени t .

Кривые $V_{кр}(t)$, рассчитанные по формуле (2) с использованием экспериментальных зависимостей $\sigma(t)$ для образцов нанокompозита разного состава, представлены на рис. 3. На полученных кривых можно выделить два участка. Первый участок характеризуется быстрым изменением $V_{кр}$ за короткий промежуток времени отжига. Это означает, что атомы перемещаются ближе к равновесным положениям, и атомная система перестраивается от неупорядоченного аморфного состояния к хорошо упорядоченному кристаллическому состоянию, то есть кристаллизация происходит в основном за это время. Второй участок кривых $V_{кр}(t)$ характеризуется медленным приближением к насыщению и может быть связан с укрупнением объемов кристаллических фаз. Таким образом, для первого уча-

стка характерно возникновение зародышей кристаллической фазы в аморфной матрице и их рост, а для второго участка — разрастание уже имеющихся кристаллических областей.

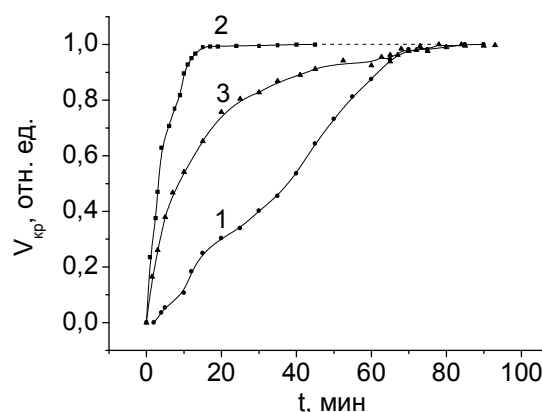


Рис. 3. Рост относительного объема кристаллической фазы с течением времени изотермического отжига при 290 °С в образцах $\text{Co}_x(\text{ЦТС})_{100-x}$ с разной концентрацией Со: 1 — 0; 2 — 23; 3 — 36 ат. % Со

В случае постоянной скорости зарождения и последующего роста зародышей в форме плоского слоя объемная доля новой фазы в зависимости от времени при кристаллизации аморфного вещества описывается выражением [3]:

$$V_{кр} = 1 - \exp\left[-(t/\tau)^n\right], \quad (3)$$

где $V_{кр}$ — доля закристаллизованного материала за время t ; n — размерность пространства; τ — время релаксации.

Уравнение (3) было получено для условия, что зародыши новой фазы равномерно распределены по объему и что скорость роста зависит от температуры. Значения n , полученные в условиях нашего эксперимента, свидетельствуют о том, что при выбранной температуре изотермического отжига вначале имеет место одномерный рост зародышей ($n = 0,76-1,38$), то есть зародыши в виде игл и удлиненных пластинок. Затем с увеличением времени кристаллизации происходит переход к росту объемных зародышей ($n = 2,67-3,15$).

Выводы

1. В результате проведенных экспериментов определена температура кристаллизации аморфной фазы изученных композитов из температурных зависимостей электросопротивления.

2. Температурная зависимость диэлектрической проницаемости образца, отожженного при температуре 400 °С в течение 1,5 часов, подтверждает переход в кристаллическое состояние аморфной фазы ЦТС.

Авторы выражают признательность д-ру физ.-мат. наук А. В. Ситникову за образцы композитов, предоставленные для исследований.

Библиографический список

1. Электрические и диэлектрические свойства тонкопленочных наногетерогенных структур Co-LiNbO₃ / С. А. Гриднев [и др.] // Известия РАН. Сер. физическая. — 2006. — Т. 70, № 8. — С. 1130—1133.
2. Structural and Electrical Properties of Granular Metal Films / B. Abeles [et al.] // Advances in Physics. — 1975. — V. 24. — P. 407—461.
3. Алексеечкин, Н. В. О вычислении объемных долей конкурирующих фаз / Н. В. Алексеечкин // Физика твердого тела. — 2000. — Т. 42, № 7. — С. 1316—1321.

References

1. Elektricheskie i dielektricheskie svojstva tonkopenochnykh nanogeterogennykh struktur So-LiNbO₃ / S. A. Gridnev [i dr.] // Izvestija RAN. Ser. fizicheskaja. — 2006. — T. 70, № 8. — S. 1130—1133.
2. Structural and Electrical Properties of Granular Metal Films / B. Abeles [et al.] // Advances in Physics. — 1975. — V. 24. — P. 407—461.
3. Alekseechkin, N. V. O vychislenii ob'emnykh dolejj konkurirujushhikh faz / N. V. Alekseechkin // Fizika tverdogo tela. — 2000. — T. 42, № 7. — S. 1316—1321.

RESEARCH OF THIN-FILM MAGNETOELECTRIC NANOCOMPOSITES FERROMAGNETIK-FERROELECTRIC IN THE FIELD OF HIGH TEMPERATURES

A. G. Gorshkov

PhD in Physics and Mathematics,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, e-mail: gorasic@mail.ru

S. A. Gridnev

D. Sc. in Physics and Mathematics, Prof.,

Voronezh State Technical University, e-mail: f-r-t-e@yandex.ru

The manufacture technique of thin film ferromagnetic-ferroelectric nanocomposites of two systems $Co_x-(PZT)_{100-x}$ and $(CoFeZr)_x-(PZT)_{100-x}$ is considered. Dielectric properties of composites in a wide range of temperatures are studied. It is established the influence of a ferromagnetic phase concentration on temperature and rate of crystallization.

Keywords: thin film, nanocomposites, conductivity, amorphous state, crystallization.

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

Учёт и анализ пожаров и их последствий в системе МЧС России: учеб. пособие / Г. И. Сметанкина [и др.]. — Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2012. — 155 с.

В книге рассматриваются вопросы организации и осуществления официального статистического учета и ведения государственной статистической отчетности по пожарам и их последствиям в Российской Федерации. Предлагаемый материал должен способствовать реализации поставленных задач в плане подготовки квалифицированного специалиста в области пожарной безопасности.

Предназначено для курсантов и слушателей, обучающихся по специальностям 280104.65 «Пожарная безопасность», 280104.51 «Пожарная безопасность».

Авторский коллектив:

Г. И. Сметанкина, С. А. Буданов, А. Н. Бартенев, Р. В. Коточигов, Е. Н. Епифанов, А. В. Синельников, О. В. Дорохова.

Теоретические основы проектирования интегрированных комплексов пожарной безопасности: учеб. пособие / А. В. Калач [и др.]. — Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2012. — 200 с.

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

Пособие предназначено для образовательных учреждений МЧС России пожарно-технического профиля.

Изданию присвоен **гриф Министерства Российской Федерации** по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий.

Авторский коллектив:

А. В. Калач, С. Н. Хаустов, С. В. Ефимов, В. В. Дроненко, Н. Д. Лапин, А. Ю. Хроменко.



МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

УДК 347.763

ВЫБОР ВАРИАНТОВ РЕШЕНИЙ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГРАФИЧЕСКИХ И МОРФОЛОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ

Ю. Н. Зенин, В. Н. Старов, А. В. Калач

Предлагается использовать системный подход в решении задач анализа и повышения эффективности управления подразделениями МЧС. Рассмотрено одно из направлений анализа и моделирования структуры систем, предназначенных решать актуальные задачи МЧС.

Ключевые слова: системный подход, анализ, структура, морфологическая модель, чрезвычайная ситуация, управление.

В теоретических основах управления и прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) важное место занимают вопросы моделирования процессов различных внешних воздействий, связанных с чрезвычайными ситуациями, в том числе на производственных объектах и сооружениях. Так как воздействия требуют срочных ответных действий по их нейтрализации и управлению ЧС, то важно установить закономерности этих процессов и получить модели.

Виды моделей могут быть различными, в том числе представленными в описательном виде, в виде аналитических и математических зависимостей (например, модели протекания физико-химических процессов), табличных, графических или иных формах, что обусловлено как особенностями самих процессов, так и необходимостью их удобного представления и использования в теории и на практике.

Зенин Юрий Николаевич, Воронежский институт ГПС МЧС России, тел.: (473) 277-86-53, e-mail: vigps@mail.ru
Старов Виталий Николаевич, д-р техн. наук, проф., Воронежский институт ГПС МЧС России, тел.: (473) 246-19-77, e-mail: vigps@mail.ru
Калач Андрей Владимирович, д-р хим. наук, доц., Воронежский институт ГПС МЧС России, тел.: (473) 236-33-05, e-mail: AVKalach@gmail.com

Аварии и катастрофы на пожаро- и взрывоопасных объектах хозяйственного комплекса страны наносят большой ущерб экономике. Обычно источниками пожаров и взрывов являются ёмкости с горючими, взрывоопасными и легковоспламеняющимися веществами, трубопроводы, взрывоопасные технологические установки, склады и складские помещения и т. п. Указанные объекты имеют разные объемы, разные составы веществ, разные условия эксплуатации, то есть в реальности они неповторимы, поэтому в каждом конкретном случае необходимы свойственные только этому объекту решения по управлению процессами ЧС. В их выборе исходят из обязательных правил, принятых норм, рекомендаций, определяемых параметрами протекающих процессов и т. д. При этом в ряде ситуаций проводят дополнительные оценки, руководствуясь различными документами (в частности, «Расчетом основных показателей пожаровзрывоопасности веществ и материалов»).

При тушении пожаров или ликвидации ЧС используют типовые средства и современные технологии. Однако так как их немало, то возникает вопрос выбора наиболее рациональных средств и технологий в каждом конкретном случае. В выборе оптимальных систем пожаротушения и ликвидации ЧС применяют разные методики, разные показатели (например, пожарная опасность объекта, удельная пожарная нагрузка), различные находящиеся в наличии огнетушащие средства и единицы пожарной

техники, причем не только достаточные, но и наиболее эффективные для конкретных процессов; однако, к сожалению, этого не всегда удается достичь, поэтому постоянно возникает задача поиска рациональных ресурсов для получения максимальных результатов.

Оценку происходящих в системе действий можно проводить с разных позиций, но все они направлены на решение ликвидации ЧС, то есть проведение аварийно-спасательных и других неотложных работ, проводимых при возникновении ЧС и направленных на спасение жизни и сохранение здоровья людей, снижение размеров ущерба окружающей среде и материальных потерь, а также локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для них поражающих факторов (по ГОСТ Р 22.0.02).

Чтобы повысить эффективность управления аварийно-спасательными работами в ЧС (проведением действий по спасению людей, материальных и культурных ценностей, защитой природной среды, локализацией чрезвычайных ситуаций и подавлением или доведением до минимально возможного уровня воздействия характерных для них опасных факторов), эффективность защиты населения и снижения риска возникновения ЧС, необходимы системные исследования и комплексное представление происходящих процессов и их последствий. Таким образом, требуется системное описание процессов, сопровождающих их явлений и обоснование методик выбора необходимых технологий и средств ликвидации последствий ЧС.

Так как при решении подобных задач возможны различные варианты протекания процессов, то желательно иметь модели, описывающие процессы оценки и управления ЧС, а также иметь структурную или иные модели исследуемых процессов.

Авторы предлагают использовать системный подход в решении данных задач. Для направленного построения искомой системы желательно иметь описание её структуры, то есть знать устройство и взаимосвязи системы, чтобы эффективно ею управлять. Рассмотрим одно из направлений анализа и моделирования структуры системы, предназначенной решать задачи МЧС.

На всех этапах указанных работ есть свои особенности, которые надо учитывать. Одной из важнейших составляющих является начальная стадия — стадия реального описания объекта, где возникает ЧС. На этом этапе важны знания, о том какими полными свойствами обладает объект, какие показатели целесообразно описать процессы, какова ситуация и прогнозы развития процессов, то есть каковы реальные начальные, исходные данные объекта ЧС.

Первоначально выделим элементы и их взаимосвязи, используя стандартные приемы. В выборе ресурсов остановимся на типовой структуре, проведем её анализ, на основании которого укажем минимальное количество достаточных базовых компо-

нентов и связей, обеспечивающих выполнение поставленных задач. Так как необходимых или выявленных элементов может быть много, то определим доминирующие и достаточные, подтвержденные важнейшими свойствами. Отдельно рассмотрим связи известные и нераскрытые или проявляющиеся при наложении свойств явлений и элементов системы. При этом должны быть отражены основные виды взаимодействия базовых элементов между собой и предложены методики поиска новых. Все указанное должно быть направлено на получение требуемого результата действия подразделений МЧС при выполнении поставленных задач, причем эффективно и в кратчайшие сроки.

При анализе и выявлении требуемых свойств и связей компонентов могут измениться начальные исходные данные, следовательно, и несколько изменятся первоначальные условия задачи, что вызовет изменение всей цепочки. Чтобы определить новые свойства, которые позволяют оперативно решать видоизмененную задачу, необходимо сопоставлять и управлять имеющимися в наличии материальными S_i , энергетическими E_n и информационными I_n потоками, управляемыми интеллектуальным импульсом человека $Ч$.

Рассмотрим схему, отражающую выбор вариантов решений по ликвидации ЧС (рис. 1). Информация о возникшей чрезвычайной ситуации с исходными данными поступает к лицу, принимающему решение (ЛПР), которое на основе действующих инструкций и имеющихся в данный момент наличных средств, принимает «Решение 1». Если ЛПР уверено в правильности своих действий, то оно задействует имеющиеся средства технического оснащения и привлекает квалифицированный персонал. В итоге осуществляется ликвидация ЧС.

Если же возникает необходимость проведения уточнений исходных данных или недостаточно возможностей имеющихся в наличии средств технического оснащения, то ЛПР переходит к проверке возможных результатов своих действий, их анализу или осуществляет выбор нового варианта, которое есть «Решение 2».

В результате этой ситуации на основании анализа формируется «Узел 1», в котором сводятся принципы действия иных средств технического оснащения, ожидаемые от применения этих средств достижимые функции, а при необходимости дополняются требующиеся «Поля» и «Вещества», которые в сумме дают новую «Целенаправленную функцию», обеспечивающую оперативное и более эффективное решение поставленной задачи.

Если сформированная «Целенаправленная функция» обладает преимуществами в виде новых технических решений, то в совокупности с организационными решениями формируется «Узел 2», который требует новых алгоритмов действий для средств технического оснащения, предназначенных решать видоизмененную задачу по ликвидации ЧС. Так выглядит схема реализации «Решения 2». По-

казанная схема выбора вариантов решений является общей и не рассматривает алгоритмы действий,

учитывающие возникающие потребности анализа изменений в объектах.

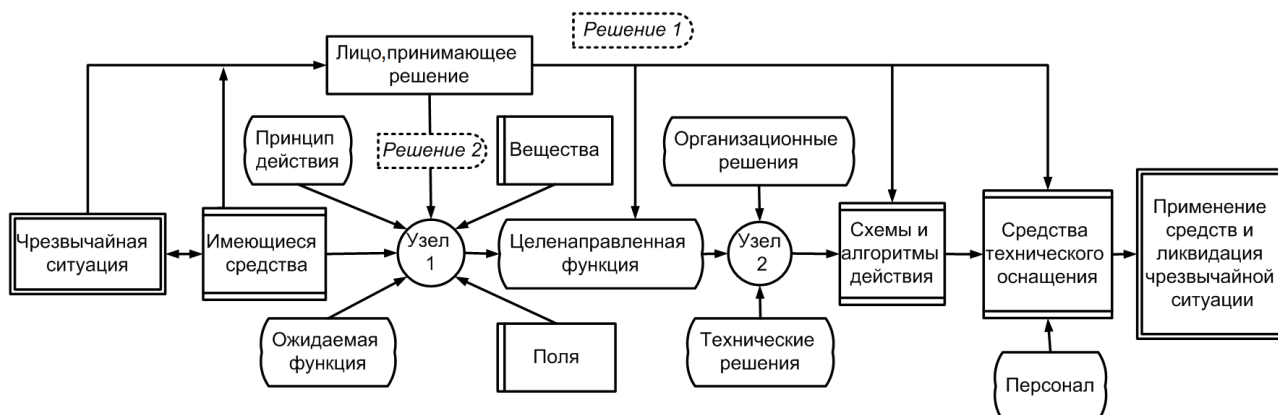


Рис. 1. Выбор вариантов решений при ликвидации чрезвычайных ситуаций

Для учета подобных изменений нами также применен морфологический подход, который используют для наиболее полного исследования проблемы и выявления поля возможных вариантов её решения. Морфологический подход применяют на различных этапах решения задач, а именно: для предварительного описания исследуемой проблемы, при синтезе новых ситуаций или для совершенствования существ-

ующих средств и методик ликвидации чрезвычайных ситуаций. В нашем случае этот подход позволяет проработать различные варианты поиска оптимальных средств, используемых для управления процессами. Разработанная для этих целей морфологическая модель изменение системных свойств любого объекта представлена на рис. 2.

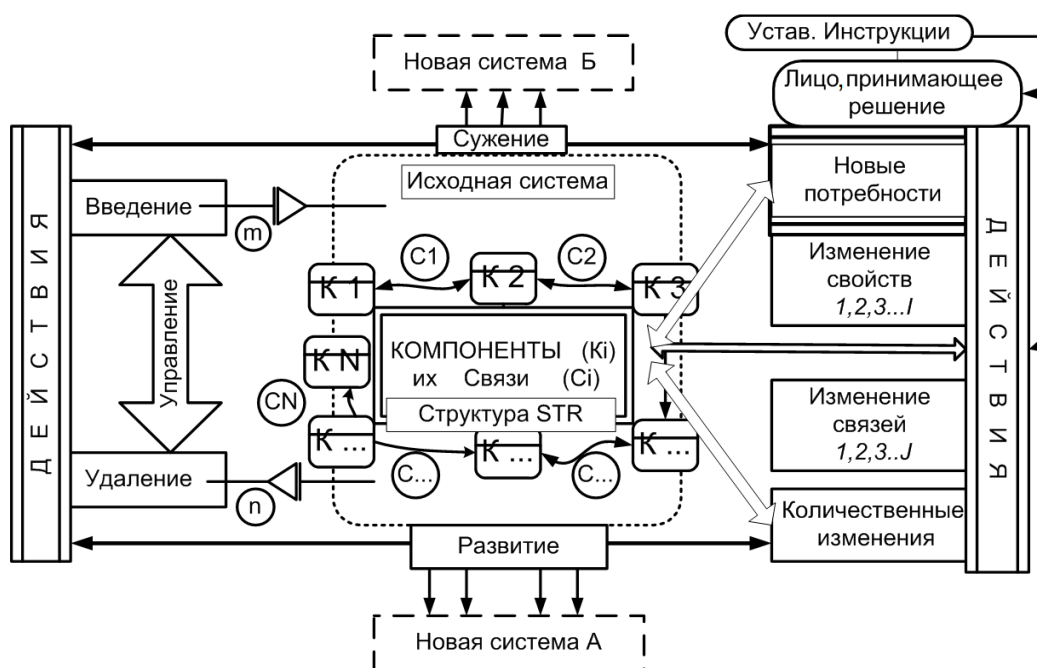


Рис. 2. Морфологическая модель изменения системных свойств объекта

Представим, что есть система — объект (техническая или организационная системы), где может возникнуть ЧС. Приняли, что исходная система состоит из компонентов (элементов) вида K_1, K_2, \dots, K_N и связей C_1, C_2, \dots, C_N .

Ими могут быть любые объекты, находящиеся под контролем, например, склад горюче-смазочных

материалов, стадион и т. д. Это также может быть обычная пожарная часть со штатным составом и своей структурой.

Исходную или общую структуру STR объекта можно описать как множество:

$$STR = \{(K_1, K_2, \dots, K_N)(C_1, C_2, \dots, C_N)\}. \quad (1)$$

Для всех этих типовых объектов с их структурами есть типовые рекомендации, предназначенные для проведения действий в тех или иных ЧС. Однако каждая ситуация или ЧС всегда неповторима и носят стохастический характер, к тому же благодаря достижениям научно-технического прогресса на практике постоянно появляются новые материалы, свойства которых ещё не проявились полностью, поэтому не всегда известно поведение объекта в экстремальных ситуациях. Также возможно, что только недавно приняты к использованию новые технические средства с новыми расширенными возможностями, но их еще не освоили полностью на практике. Более того, в любом подразделении, чтобы повысить качество эксплуатации подконтрольных объектов, необходимо постоянно совершенствовать и улучшать все организационные системы и технические средства, используемые человеком в своей деятельности.

В этих условиях при глубоком исследовании возникшей проблемы из анализа новых потребностей ЛПР формирует функции, которые необходимо выполнить, чтобы решать возникающие задачи. Потребности можно удовлетворить несколькими разными вариантами из полей возможных вариантов и способами использования. Поэтому на указанном этапе намечают новые пути решения поставленных задач и определяют наиболее подходящие взаимосвязи и компоненты, определяющие возможность реализации задуманной области ресурсов.

Модель на рис. 2 показывает, что для этого в исходную систему надо ввести m элементов или осуществить удаление n связей и компонентов, которые сдерживают или не позволяют сформировать требуемую систему вида «А», «Б» или им подобные. Управление действиями, включая изменение свойств (1, 2, ..., L) и связей (1, 2, ..., J), в компетенции ЛПР.

На следующем этапе применяется операционный подход к поиску рациональных решений и ставится задача поиска способов выполнения требуемых функций. За этим следует этап синтеза и реализации возможных принципов действий привлекаемых технических средств, веществ и полей, необходимых для выполнения задуманных физических операций по ликвидации, контролю, профилактике, предупреждению, прогнозированию и другим действиям по выполнению поставленных задач.

Указанное или непредвиденное в критических ситуациях заставляет искать пути, названные «Развитие» или «Сужение» исходной системы и получение новых систем, которых может быть несколько, например:

$$\begin{aligned} A &= \{A_1, A_2, \dots, A_N\}; \\ B &= \{B_1, B_2, \dots, B_N\}. \end{aligned} \quad (2)$$

В системе МЧС много различных подсистем, служб с их средствами и предназначением выполнять поставленные задачи. Назовем любое из штатных ($J = 1, 2, \dots, m$) подразделений системы S МЧС

подсистемами или службами Cl — S^{Cl} , например, служба спасения на водах, горноспасатели, пожарная часть и другие, поэтому получим запись этой подсистемы как $S_{МЧС}^{Cl}(J)$.

Примем, что процесс управления действием системы $S_{МЧС}^{Cl}(J)$ происходит в среде X , где есть объекты Y и субъекты.

Субъект ощущает на себе воздействия среды X и объекта Y . Если своё состояние Ci в среде X он изменить не может, то с применением воздействия W состояние объекта Y в процессе управления обязательно изменится, поэтому на выходе B получим новую систему.

Принимаем, что на уровне наших действий есть выполняющая функция Z реализации целей управления, которая формирует требуемые воздействия на объект ЧС. Реально это могут быть технологические условия (факторы) процесса применения для ликвидации возникшей чрезвычайной ситуации некоторой подсистемы МЧС.

В реальной ситуации имеем исходную информацию F и выработанное ЛПР решение вида «Решение 1» или «Решение 2» (см. рис. 1), которые запишем в виде множества наличной информации в рабочей среде:

$$F = \{X', F'\}. \quad (3)$$

Таким образом, имеем конкретные регламентированные действия, составляющие основу боевого применения подразделения МЧС и обеспечивающие выполнение заданных параметров ожидаемого процесса или решения поставленной боевой задачи.

Следовательно, X' и F' — это установленные, поддерживаемые, регистрируемые параметры, например, результаты боевых действий по тушению пожаров, а именно: обработка вызовов, выезд и следование к месту вызова (пожара), разведка, спасение людей и имущества, боевое развертывание, ликвидация горения, выполнение специальных работ, сбор и возвращение в подразделение.

Если последовательность операций или технологический регламент процесса применения $S_{МЧС}^{Cl}(J)$ обозначить как управляющий алгоритм φ , то управление G объектом есть результат работы алгоритма вида

$$G = \varphi(Y, Z). \quad (4)$$

Искомая структура, записанная в общем виде как $STR(I)$ или структура любого подразделения МЧС — $(STR S_{МЧС}^{Cl}(J))$ формируется при определенной реализации множества следующего вида:

$$STR(I) = f(Be\{Z, Y, G, \varphi, Z\}). \quad (5)$$

Таким образом, системный подход может быть использован в решении задач анализа и повышения эффективности управления подразделениями МЧС.

1. Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны: приказ МЧС РФ от 31.03.2011 № 156 [зарег. в Минюсте РФ 09.06.2011 № 20970] // Бюл. нормативных актов федер. органов исполнит. власти, 18 июля 2011, № 29.

2. Молчалов, А. А. Моделирование и проектирование сложных систем / А. А. Молчалов. — Киев: Выssh. shk., 1988. — 359 с.

3. Зенин, Ю. Н. Современный портрет сотрудника МЧС России в сознании россиян / Ю. Н. Зенин, Е. А. Семейко // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. — 2011. — № 1 (1). — С. 3—5.

1. Ob utverzhdenii Porjadka tusheniya pozharov podrazdelenijami pozharnoj okhrany: prikaz MChS RF ot 31.03.2011 № 156 [zareg. v Minjuste RF 09.06.2011 № 20970] // Bjul. normativnykh aktov feder. organov ispolnit. vlasti, 18 ijulja 2011, № 29.

2. Molchalov, A. A. Modelirovanie i proektirovanie slozhnykh sistem / A. A. Molchalov. — Kiev: Vyssh. shk., 1988. — 359 s.

3. Zenin, Yu. N. Sovremennyj portret sotrudnika MChS Rossii v soznanii rossijan / Ju. N. Zenin, E. A. Semejko // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. — 2011. — № 1 (1). — S. 3—5.

CHOICE OF OPTIONS MAKING IN EMERGENCY SITUATIONS WITH THE USE OF GRAPHICAL AND MORPHOLOGICAL MODELS

Yu. N. Zenin,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
tel.: (473) 277-86-53, e-mail: vigps@mail.ru

V. N. Starov,

D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
tel.: (473) 246-19-77, e-mail: vigps@mail.ru

A. V. Kalach

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

It is proposed to use a systematic approach in solving the problems of analysis and improve management of EMERCOM divisions. Considered one of the areas of analysis and modeling of the structure systems designed to solve actual problems of EMERCOM.

Keywords: system approach, analysis, structure, morphological model, emergency, management.

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ



Калач, А. В. Сенсоры в анализе газов и жидкостей / А. В. Калач, А. Н. Зяблов, В. Ф. Селеменов. — Воронеж, 2011. — 240 с.

В монографии рассматриваются актуальные вопросы, касающиеся устройства, принципа функционирования и последующего использования в анализе сенсоров различного типа, а также мультисенсорных систем с элементами искусственного интеллекта «электронный нос» и «электронный язык».

Книга предназначена для научных работников, специалистов в химии, биологии, информационно-поисковых системах, сотрудников правоохранительных органов, оперативных служб, занимающихся идентификацией личности по запаховым следам при расследовании преступлений, а также при выявлении контрафактной продукции.

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОСФЕРЫ И ТЕХНОГЕННОГО РИСКА ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

В. Н. Старов, А. Н. Шуткин

Исследуются некоторые особенности современной концепции безопасности техносферы с позиции обеспечения безопасности среды и субъектов опасных объектов, включая ядерные комплексы. Предложена методика систематизации элементов МЧС, описания процессов и используемых для целенаправленного управления ими подсистем ГПС, что обеспечивает повышение эффективности применения средств систем МЧС.

Ключевые слова: безопасность, техносфера, техногенный риск, опасные объекты.

Важное место в познании общества занимает научное направление, включающее исследование проблем безопасности во всех сферах жизнедеятельности. Исследуем некоторые особенности современной концепции безопасности техносферы с позиции доминирования и взаимосвязей систем институтов государства и безопасности техносферы.

Отметим, что на особой позиции стоят в конкретике этого понятия безопасность целостности территорий, устройства государства, его инфраструктуры, населения и т. д. В буквальном смысле указанное достижимо при отсутствии военной конфронтации с внешним врагом, отсутствии внутренних революций, а также нарушений безопасности, вызванных любыми формами вражды. В целом оставим этот вопрос политикам, без обсуждения; укажем лишь одно: современное оружие разделяется на классическое, традиционное (танки, самолеты, ракеты и т. д.), и нового формата, куда входят физические управляемые процессы, воздействие которых уподоблено влиянию природных процессов (направленные разнородные излучения, ураганы, цунами, землетрясения, пожары, и т. д.), последнее называют термином «климатическое оружие».

Так как избранные люди (военные) научились в определенном диапазоне управлять природными явлениями, но не в мирных целях, то за рамками рассуждений оставим вопрос идентификации ряда опасных природных процессов, которые могут быть как искусственного, так и естественного происхождения. В итоге получаем ситуацию, когда при рассмотрении проблемы безопасности следует остановиться на техногенной безопасности и в первую очередь на опасных объектах, к которым относятся предприятия химической промышленности, атомные станции, ядерные комплексы, включая оборонные, и прочие.

Старов Виталий Николаевич, д-р техн. наук, проф.,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
тел.: (473) 246-19-77, e-mail: vigps@mail.ru

Шуткин Александр Николаевич, канд. физ.-мат. наук,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
тел.: (473) 236-33-05, e-mail: vigps@mail.ru

Таким образом, на первое место по грандиозности воздействия на безопасность человечества и Земли выдвинуты творения, созданные нашими руками и умом, т. е. мощная мировая промышленная инфраструктура, наносящая основной вред безопасности от стационарного или аварийного воздействия промышленных (энергетических) объектов.

Хотя во многих странах по отдельности и совместно за последние года приняты пакеты конкретных решений, защищающих природу и людей, все равно требуется совершенствование механизмов принятия решений, например, по судьбе ранее созданных запущенных в эксплуатацию или проектируемых промышленных объектов, обладающих высокой опасностью. Снижение риска возможных негативных процессов от существующих производств чаще всего связано с необходимостью создания дорогостоящих защитных систем или полного запрета существующих технологий. Однако многие страны, к сожалению и наша, не решают эту проблема. Первоочередные экономические проблемы отдалают закрытие предприятий с опасными производствами и по-прежнему остаются возможности продолжения экономически нерентабельного ведения хозяйства по всей страны.

Сформированная в обществе вера и заданный реальный вектор повышения экологической безопасности должны наконец-то развиваться. Однако этот раздел безопасности не обеспечен во всех своих юридических аспектах в соответствии с потребностями общества, что позволяет производителям продукции работать по прежним правилам.

Другая его особенность связана с закрытостью от общества многих вопросов бизнеса в области его безопасности, бюрократизмом чиновников и т. п. Необходимы прозрачность и демократизация при одновременном соблюдении принципа персональной ответственности чиновников и хозяев бизнеса.

Следующий аспект безопасности связан с развитием в обществе общечеловеческих ценностей и достижений с сохранением исторического наследия каждой из наций и народностей, культурного наследия нашего общества, которые должны быть очищены от избыточного воздействия современных

технократических тенденций. Это особое межнациональное наднародное обеспечение безопасности страны в форме национальной идеи, где определенное место занимает философия экологической (техносферной) безопасности.

Таким образом, вопросы безопасности порождены совокупностью современных угроз и опасностей. Глобальный технический прогресс в двадцатом веке вывел человечество на такой уровень загрязнения природной среды, что люди оказались в чрезвычайно опасном экологическом кризисе, который повернуть назад уже невозможно. Исходного состояния природы прошлого (даже столетия) уже никогда не может быть.

Разумные действия человечества исчерпали себя, что привело мир к опасности мощнейших кризисных явлений, в первую очередь экологических. Более того, как мы видели из ранее приведенного материала, ныне эти многоликие опасности настолько четко выделяются, что создали глобальную систему угрозы человечеству. При этом основная опасность реальной системы состоит в том, что созданные нами же самими опасности нельзя полностью ликвидировать.

Если военную катастрофу можно остановить тем или иным способом, то возникшую рукотворную, проникшую в природу и в нас техносферу, даже в разряде промышленной экологии, изменить в лучшую сторону практически невозможно. Так, по своей разрушительности крупные промышленные аварии (Фукусима, Чернобыль и др.) в десятки раз выше, чем последствия ядерных бомбардировок японских городов в период войны.

В настоящее время только в энергетической сфере в мире добывается, транспортируется, хранится и используется столько миллиардов тонн условного топлива, способного гореть и взрываться, что его масса и энергия сравнимы со всем арсеналом ядерного оружия. Угроза же от арсенала перерабатываемых, хранящихся и перевозимых (т. е. накопленных) в мире химических компонентов разного назначения (синильной кислоты, аммиака, мышьяка, бария, фосгена и др.) почти на два порядка выше, чем накопленных радиоактивных веществ в тех же единицах измерения.

Таким образом, можно утверждать, что к природным естественным опасностям прибавилось опасное продолжение и соседство в виде трудноуправляемых стационарных опасностей. Причем суммарные опасности даже в стационарных объемах (химические заводы, атомные реакторы и др.) постоянно усиливаются. Даже безаварийное воздействие современных процессов оказывает итоговое негативное влияние на окружающую среду, здоровье человека. По классификации мы относим это к экологическим проблемам.

Если к вышеуказанному добавить постоянно возникающие процессы нарушения желаемого социального, экономического и ресурсного спокойствия, что в итоге приводит к кризисам, отсутствие

гармонии как на межгосударственном, так и региональном уровнях, межрелигиозные распри и национальные конфликты и др., то получим еще одно сложное направление опасности для современного человечества.

Все указанное порождает в сложившихся мировых условиях необходимость формирования и развития новой философии и нового мышления с четко сформулированными целями и задачами, которые вытекают из нового понимания термина «безопасность».

Сегодня также чрезвычайно актуальны научные проблемы оценки, анализа, прогнозирования социального, экономического и техногенного рисков и особенно проблемы управления ими. Поэтому надо постоянно развивать теоретические и прикладные направления исследований безопасности жизнедеятельности людей. Рассмотрим конкретные примеры практических вопросов управления безопасностью и рисками их возникновения. Прежде всего проведем некоторую систематизацию исследуемых объектов и укажем рациональные условия оценки их состояний.

Допустим, речь идет об оценке деятельности социально-технической системы, какой является пожарная часть (ПЧ), несущая дежурство на ядерном объекте (например, энергетическом — АС). Данную подсистему МЧС обозначим как $S_{ПЧ}(I)$, где $I = 1, 2, \dots, n$, т. е. это любая штатная пожарная часть из состава МЧС, причем несущая конкретное дежурство или расположенная в региональной системе ГПС МЧС.

В общем виде если имеем в виду другие структуры и средства МЧС, то обозначим любое из штатных подразделений системы МЧС, которых $J = (1, 2, \dots, m)$, как подсистемы или службы $S_{МЧС}^{Cj}$, например, служба спасения на водах, горноспасатели и другие. Поэтому получим запись $S_{МЧС}^{Cj}(J)$.

В своей деятельности эти организации руководствуются нормативными документами, определяющими как эффективность оперативной деятельности подразделения в целом, так и выполнение предписанных назначений, так, для $S_{ПЧ}$ им является «Порядок тушения пожаров подразделениями пожарной охраны». В оценке деятельности исходят из поставленной задачи (цели) и степени достижения цели, для выполнения которой подразделение было применено, а также из величины затрат материальных ресурсов и времени.

Процессы применения и управления $S_{МЧС}^{Cj}(J)$ их структурой, обеспечивающей заданные показатели оперативно-тактической и служебной деятельности, т. е. выполнение функционально-ожидаемых показателей реализованных свойств системы, рассматриваем как функционирование сложной системы со всеми её атрибутами и законами.

При создании и применении сложных систем требуется проводить многочисленные исследования и расчеты, связанные с конкретизацией разных фак-

торов. Во-первых, с оценкой показателей, характеризующих свойства системы, включая ее строение. Это, с одной стороны, своего рода внутренняя конструкция любой службы МЧС, включающая такие факторы, как предназначение подразделения, комплектация его средствами и персоналом, местона-

$$S_{ПЧ}^{№2-H-A} = \{A_0; Пк_1, Пк_2, Пк_3, Пк_4, Пк_5, Пк_6; r_{ТХ}\}, \quad (1)$$

где A_0 — коэффициент весомости; $r_{ТХ}$ — технологические взаимодействия элементов подсистемы.

Условимся, что второй показатель связан с правильностью выбора из всего состава нужных подсистем МЧС (в первую очередь), других ведомств и министерств страны и своевременностью формирования для ликвидации ЧС оптимальной структуры, а также задействованных подсистем-служб $Сл$. Это выбор системы $S_{МЧС}^{Сл}(J)$ и налаженных взаимосвязей со всеми подсистемами МЧС, задействованными в ликвидации ЧС, с учетом специфики и особенностей опасного объекта (наличие зон радиоактивного заражения, зон химического, бактериологического заражения, сильнодействующих ядовитых, взрывчатых веществ, боеприпасов и т. п.). Поэтому символическая запись такова:

$$Str^{ОПТ}(S_{МЧС}^{Сл}(J)).$$

Сюда же относится учет условий во внешней среде, способствовавших развитию чрезвычайной ситуации (увеличение, например, силы пожара за счет ураганного ветра или уменьшение за счет длительного проливного дождя и т. п.). Под внешней средой E понимаем множество элементов, которые не входят в систему, но изменение их состояния вызывает изменение поведения системы.

Третье обусловлено достижением в процессе деятельности ожидаемых показателей функционирования (или работы), назовем их $ПФ$.

Номенклатура этих показателей является оценкой работы службы МЧС. По их величине следует производить оценку эффективности функцио-

нония и т. д. Элементы этой подсистемы МЧС обозначим как $Пк_1, Пк_2, \dots, Пк_N$. По этой схеме запишем, например, пожарную часть $S_{ПЧ}(I)$.

В общем виде исследуемую систему, обеспечивающую безопасность на опасном объекте, запишем как математическое множество вида

нирования подразделения, а также оценку степени достижения цели.

Например, для пожарной части это оценка выполнения основной боевой задачи при тушении пожаров на опасном объекте: спасение людей в случае угрозы их жизни, локализация и ликвидация пожара в определенные сроки и в определенных размерах, и главное — недопущение бесконтрольного развития процессов, определяющих особенности опасного объекта, для чего может потребоваться привлечение иных средств и сил.

При этом частными показателями оценки эффективности действий на пожаре являются:

- количество K спасенных людей — $ПФ(K_{\min})$;
- достижение локализации и ликвидация пожара в сроки — $ПФ(ЛС_{\min})$;
- достижение локализации и ликвидация пожара в размерах — $ПФ(ЛР_{\max})$;
- численность привлеченных к тушению пожара боевых расчетов (человек) $Ч$ — $ПФ(Ч_{\min})$;
- привлеченные к тушению пожара средства $ПС$ (пожарные машины, пожарно-техническое вооружение и пожарное оборудование, аварийно-спасательное оборудование и техника разных типов ($m = 1, 2, \dots, M$), количество которых ($n = 1, 2, \dots, N$) — $ПФ(ПС - M_{\min}N_{\min})$;
- уровень эффективности управления боевыми действиями $ЭД$ в подразделениях на пожаре — $ПФ(ЭД_{\min}$ или $ЭД_{\max})$.

В общем виде обозначим совокупность указанных частных показателей и дополнительных T_d с их параметрами через T_i , число которых $i = 1, 2, \dots, n$, поэтому имеем

$$ПФ(T_i) = f(K, ЛС, ЛР, Ч, ПС - M - N, ЭД, T_d). \quad (2)$$

Используем кибернетический подход к описанию исследуемой системы. Всякое целенаправленное поведение $Ве$ подразделения МЧС на опасном объекте, включая ликвидацию нежелательно протекающих процессов и их последствий, рассматриваем как управление. Поэтому имеем целенаправленно организованные нами воздействия W_i на имеющуюся в структуре МЧС систему $S_{МЧС}^{Сл}(J)$, сумма которых есть $\sum W_i$. Примем, что процесс управления формированием системы $S_{МЧС}^{Сл}(J)$ происходит в среде X (собственно территория опасного объекта и прилегающий к ней регион, где могут проявиться последствия). Причем там есть объекты Y (здания, сооружения, машины, оборудование, определенная инфраструктура и люди, персонал), а также субъекты.

Любой субъект ощущает на себе воздействия среды X и объекта Y . Если своё состояние C_i в среде X он изменить не может, то с применением воздействия W состояние объекта Y в процессе управления обязательно изменяется. В результате на выходе получим новую систему (это выход B). Состояние — это множество существенных свойств, которыми система обладает в данный момент времени.

Обозначение поведения можно представить как функцию переходов состояний: $z_i = f(z_{i-1}, x_i, u_i)$.

В этих условиях состояние объекта Y влияет на состояние потребностей субъекта. Потребности U субъекта C обозначим как C_U , поэтому имеем:

$$C_{U_i} = \{C_{U_1}, C_{U_2}, \dots, C_{U_k}\}, \quad (3)$$

где C_{U_i} — состояние i -й потребности субъекта, которая выражается числом $(1, 2, \dots, k)$, характеризующим насыщенность, т. е. актуальность этой потребности.

Свое поведение субъект строит так, чтобы минимизировать насыщенность своих потребностей. Поэтому необходимо решать задачу многокритериальной оптимизации вида

$$C_{U_i}(X, W) \rightarrow \min(i = 1, K), \quad r \in R, \quad (4)$$

где R — ресурсы субъекта [2].

Таким образом, имеем описание установленной взаимосвязи потребностей с состоянием среды X (иными словами, говорим о том, что происходит на опасном объекте или что произошло сейчас) и поведением Ve субъекта (описание состояния инфраструктуры с учетом действий и состояний персонала или населения).

Принимаем, что на уровне наших действий, обозначенных как уровень $Y^H(I, J)$, выполняющая функция реализации целей управления, формирующие требуемые воздействия на объект ЧС, есть Z . Например, это могут быть технологические условия (факторы) процесса применения для ликвидации возникшей чрезвычайной ситуации необходимых новых подсистем МЧС.

В итоге имеем конкретные виды регламентированных действий, составляющих основу боевого применения подразделения МЧС и обеспечивающих выполнение конкретных действий с параметрами

проявления конкретных показателей ожидаемого процесса (например, уровня радиации на опасном объекте) или решения поставленной боевой задачи, описываемые как $F = \{X', F'\}$.

Следовательно, X' и F' — это установленные, поддерживаемые, регистрируемые параметры, например, результаты боевых действий по тушению пожаров на опасном объекте, а именно: обработка вызовов, выезд и следование к месту вызова (пожара), разведка, спасание людей и имущества, боевое развертывание, ликвидация горения, выполнение специальных работ, сбор и возвращение в подразделение.

Используя моделирование, можно построить модель управления G конкретным объектом, указать и реализовать условия, переводящие объекты (подсистемы МЧС) в целевое состояние $Z_{ц}$, а в итоге получить требуемую систему с заданными свойствами обеспечения безопасности на опасном объекте.

Выводы

1. Таким образом, нами исследованы некоторые особенности современной концепции безопасности техносферы с позиции безопасности среды и субъектов опасных объектов, включая ядерные комплексы.

2. Предложена методика систематизации элементов МЧС, описания процессов и используемых для целенаправленного управления ими подсистем ГПС, что обеспечивает повышение эффективности применения средств МЧС.

Библиографический список

1. **Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны:** приказ МЧС РФ от 31.03.2011 № 156 [зарег. в Минюсте РФ 09.06.2011 № 20970] // Бюл. нормативных актов федер. органов исполнит. власти, 18 июля 2011, № 29.

2. **Молчалов, А. А.** Моделирование и проектирование сложных систем / А. А. Молчалов. — Киев: Выssh. shk., 1988. — 359 с.

References

1. **Ob utverzhdenii Porjadka tusheniya pozharov podrazdelenijami pozharnojj okhrany:** prikaz MChS RF ot 31.03.2011 № 156 [zareg. v Minjuste RF 09.06.2011 № 20970] // Bjul. normativnykh aktov feder. organov ispolnit. vlasti, 18 ijulja 2011, № 29.

2. **Molchalov, A. A.** Modelirovanie i proektirovanie slozhnykh sistem / A. A. Molchalov. — Kiev: Vyssh. shk., 1988. — 359 s.

SAFETY PROBLEMS OF THE TECHNOSPHERE AND TECHNOGENIC RISK OF DANGEROUS OBJECTS

V. N. Starov

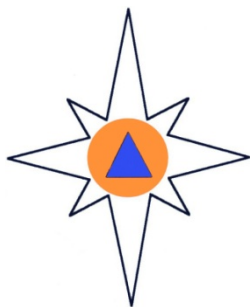
D. Sc. in Engineering, Prof., Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, tel.: (473) 246-19-77, e-mail: vigps@mail.ru

A. N. Shutkin

PhD in Physics and Mathematics, Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, tel.: (473) 236-33-05, e-mail: vigps@mail.ru

Explores some of the features of the modern concept of safety to ensure the safety of the technosphere and the subjects of the environment of hazardous facilities, including nuclear facilities. The technique of organizing elements of EMERCOM, process descriptions and used for targeted management subsystems of Russian State Fire Service, which enhances the efficiency of the use of funds EMERCOM systems.

Keywords: safety, technosphere, technogenic risk, dangerous objects.



ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ

УДК 004.032.2

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБСЛУЖИВАНИЯ В СЕТЯХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА

А. С. Крутолапов

Предложена модель управления процессом обработки заявок с поддержкой качества обслуживания в сети передачи данных автоматизированной системы диспетчерского управления средствами пожарной сигнализации и пожаротушения.

Ключевые слова: сеть, передача данных, автоматизированная система, диспетчерское управление, заявка, приоритет, информация, качество обслуживания.

Введение. Начнем с классификации заявок на информационное обслуживание в сетях информационного обмена (СИО). Целью классификации является создание системы приоритетов по степени важности оперативности обработки заявки. Степень важности оперативности обработки заявки определяется двумя факторами: во-первых, какая информация должна быть передана (насколько эта операция важна для принятия решения); во-вторых, кто из пользователей сделал запрос (насколько должностные обязанности пользователя важны для принятия решения).

Существующие классификации в различных информационных системах ставят своей целью выделение классов пользователей для назначения прав доступа к сервисам и данным. При реализации системы обеспечения качества обслуживания в каждом конкретном случае необходим анализ предметной области и выделение соответствующих классов пользователей. Можно предложить достаточно общий подход, который может быть адаптирован в частных случаях.

Одной из перспективных технологий разграничения доступа в сложных СИО является технология ролевой авторизации [1]. Модель (политика) ро-

левого разграничения доступа основывается на функциях, которые каждый пользователь должен выполнять в соответствующей системе. Реализация такой политики требует разработки набора необходимых ролей, т. е. библиотеки ролей, соответствующей СИО. Роль определяется как набор прав доступа к объектам системы и прав на выполнение над ними определенного набора элементарных действий, соответствующих функции, которую должен выполнять в системе определенный пользователь.

С точки зрения важности для функционирования любой СИО можно выделить три класса пользователей:

- во-первых, потребители информационных услуг, использующие предоставляемые ресурсы и сервисы для исполнения своих должностных обязанностей;
- во-вторых, производители информационных услуг, обеспечивающие создание и поставку информационных ресурсов, необходимых для принятия решения;
- в-третьих, администрация системы, обеспечивающая сбор и анализ информации об информационной среде, ее сопровождение и развитие.

Функции администрации СИО превалируют над остальными по критерию срочности. Однако необходимо отметить ряд особенностей административных функций:

- служебная информация имеет пренебрежимо малый вес в нормальных условиях функционирования;

Крутолапов Александр Сергеевич, канд. техн. наук, доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, e-mail: krut75@mail.ru

© Крутолапов А. С., 2013

– подавляющая часть административных функций реализуется с помощью специализированного программного обеспечения, не входящего в состав сервисов, управление которыми осуществляется в подсистеме;

– работы, требующие значительного трафика (например, репликация каталогов распределенных баз данных) всегда проводятся в ночное время.

Один физический пользователь может выступать и как производитель, и как потребитель информации в зависимости от выполняемых функций (графическое представление классификации — рис. 1).

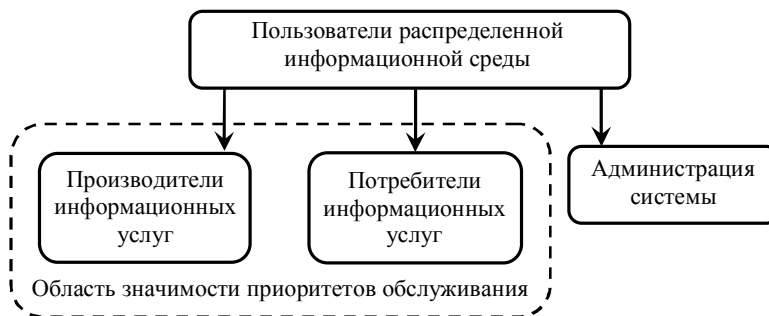


Рис. 1. Классификация пользователей СИО

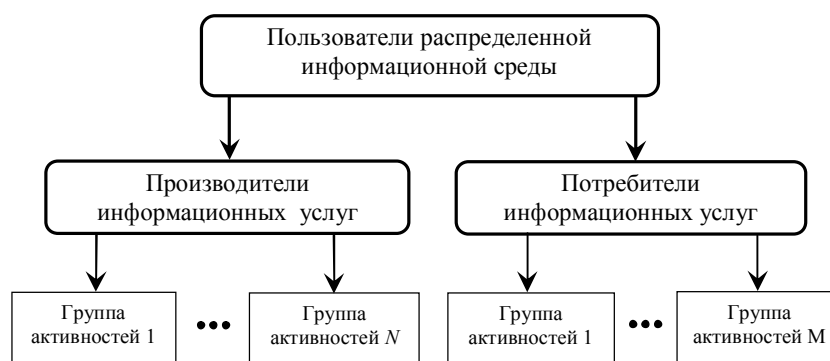


Рис. 2. Принцип классификации активностей пользователей СИО

1. Цели и критерии эффективности управления процессом обработки заявок с поддержкой качества обслуживания. Исходя из постановки задачи можно сформулировать требования, предъявляемые к механизму обеспечения качества обслуживания пользователя при работе с удаленными данными:

– во-первых, элементарным объектом управления модели обеспечения качеством обслуживания является заявка;

– во-вторых, критерием классификации заявок является смысловое значение (семантика) передаваемой информации. А именно, важность оперативности ее доставки пользователю с точки зрения принятия решения, функционирования и развития СИО;

– в-третьих, основной характеристикой качества обслуживания является задержка в очереди при ожидании освобождения обслуживающего устройства (под обслуживающим устройством будем

Отличительной особенностью СИО является неоднородность их среды, поэтому нецелесообразно пытаться перечислить возможные виды активностей пользователей и тем более назначить им приоритеты.

Такой подход может негативно отразиться на масштабируемости сети в случае добавления новых сервисов. Естественным выглядит подход, основанный на выделении (по рассматриваемому критерию) классов пользователей и классов видов деятельности пользователей. Общий вид такой классификации представлен на рис. 2.

понимать комплекс программно-аппаратных средств и каналов передачи данных, необходимый для обслуживания заявки).

Целью работы любого механизма, обеспечивающего качество обслуживания, является *справедливое* (или равномерное) распределение ресурса обслуживающего устройства. Термин «справедливое» имеет не только разговорное, но и техническое значение (существует несколько определений) [2]. Общим во всех формулировках «справедливости» является распределение между классами ресурса обслуживающего устройства пропорционально назначенным весовым коэффициентам, в том числе той его части, которая не используется пассивными на данный момент классами [2–6]. Важным отличием этих формулировок является наличие [6] или отсутствие «штрафа» [2–5] за использование ресурса в предыдущие периоды, в том числе за счет пассивных классов. Большинство определений справедливого обслуживания предполагают отсутствие по-

добного «штрафа». Этой концепции будем придерживаться в дальнейшем и мы.

Определим начальные условия и введем некоторые обозначения. Пусть имеется N потоков заявок на обслуживание. Каждый поток включает заявки одинакового приоритета и образует отдельный класс обслуживания. Классу обслуживания выделяется очередь, выбор заявок внутри которой осуществляется по принципу FCFS: *first come, first served* — «первым пришел – первым обслужен».

Пусть в момент времени, когда заявка поступает в систему, обслуживающее устройство занято и ни в одной очереди нет ожидающих обслуживания заявок. Тогда заявка помещается в очередь, очередь становится единственной активной. Если до завершения обслуживания заявки, занимающей обслуживающее устройство, количество активных очередей увеличится, то возникает конфликт классов обслуживания и в работу вступает механизм обеспечения качества обслуживания. Обозначим момент времени, когда количество активных очередей стало более единицы t_s . Соответственно определим условием окончания работы механизма обеспечения качества обслуживания уменьшение количества активных очередей до одной. Обозначим этот момент времени t_f .

Мерой качества обслуживания ранее была названа задержка заявки в очереди на обслуживание. Если говорить о равномерности обслуживания в целом, то значения времени ожидания заявок в очереди за определенный интервал времени должны быть усреднены. Выбор интервала времени, за который будет осуществляться усреднение, осуществляется в соответствии с требованием отсутствия влияния предыдущих периодов активности класса на предоставляемое ему в дальнейшем качество обслуживания. Мерой использования ресурса обслуживающего устройства будем считать среднюю задержку в очереди за текущий период активности. Это означает, что как только из очереди извлекается последняя заявка, среднее значение ее задержки приравнивается нулю.

Пусть классам качества обслуживания назначены весовые коэффициенты:

$$0 < m_i < 1 \quad (i = 1 \dots N),$$

причем
$$\sum_{i=1}^N m_i = 1.$$

Назначение классу i приоритета m_i означает, что его средняя задержка d_i за время с начала текущей активности должна удовлетворять равенству

$$\frac{d_i}{d_j} = \frac{m_i}{m_j}, \quad (1)$$

где d_j , m_j — средняя задержка за период текущей активности некоторого активного в данный момент времени класса j и его весовой коэффициент соответственно.

Суммируя по всем активным классам j , получим:

$$\frac{d_i}{\sum_{j \in A} d_j} = \frac{m_i}{\sum_{j \in A} m_j},$$

где A — подмножество очередей, проявляющих активность в рассматриваемый момент времени.

Можно сформулировать условие справедливости, являющееся критерием эффективности процессов информационного обмена в условиях перегрузки.

Определение 1. Распределение ресурса обслуживающего устройства является справедливым, если:

– во-первых, среднее за период текущей активности время ожидания заявок в очереди i -го класса обслуживания составляет

$$d_i = \frac{m_i}{\sum_{j \in A} m_j} \sum_{j \in A} d_j;$$

– во-вторых, класс обслуживания не «штрафуется» за использование ресурса обслуживающего устройства в предшествующие периоды.

Первое условие автоматически удовлетворяет требованию распределения неиспользованной части ресурса обслуживающего устройства между активными классами в соответствии с назначенными им весовыми коэффициентами. В случае если активной является только очередь i , имеет место тривиальное равенство $d_i = d_i$, что означает полный захват ресурса обслуживающего устройства классом i . Теперь необходимо формализовать приведенные выше принципы управления на основе правил выбора следующей заявки на обслуживание.

2. Формальные правила управления процессом обслуживания заявок в модели. Перепишем выражение (1) в виде $d_i / m_i = d_j / m_j$ и рассмотрим возможные варианты взаимодействия двух потоков при функционировании СИО.

Первый вариант. Все очереди пусты и поступающие заявки сразу направляются на обслуживание. Задержки различных классов равны нулю и равенство удовлетворяется.

Второй вариант. Появляется одна активная очередь i , и равенство нарушается: $d_i / m_i > 0$. Для восстановления равновесия необходимо выбрать заявки из очереди i . В результате мы получаем или первый случай или случай третий.

Третий вариант. При функционировании СИО появляется две активные очереди. Возможны ситуации выполнения равенства и его нарушения. В первом случае выбор класса, заявка которого будет обслужена первой, может быть произвольным (например, розыгрышем случайного числа). Во втором случае для восстановления равновесия выбирается класс, чье отношение d / m больше.

Обобщив рассмотренный случай на произвольное количество классов обслуживания в модели,

получим формальные правила выбора заявок на обслуживание, обеспечивающие удовлетворение условия справедливости.

Определение 2. Выбор следующей заявки на обслуживание осуществляется в соответствии со следующими правилами:

– во-первых, право занять обслуживающее устройство предоставляется заявке из очереди i -го класса обслуживания, где

$$i = \max_{d_j/\phi_j} \{j \mid j \in A\};$$

– во-вторых, если таких классов окажется более одного, выбор определяется случайным образом;

– в-третьих, порядок следования заявок внутри каждой очереди определяется принципом FCFS.

С целью формализации понятия средней задержки за текущий период активности рассмотрим его более подробно.

Пусть имеется активная очередь i . Обозначим текущий момент времени t , а время начала текущего периода активности очереди t_{ia} . Число покинувших очередь заявок за интервал времени $(t_{ia}; t]$ обозначим n_{if} .

Определим их суммарную задержку:

$$\sum d_{if} = \sum_{j \in F_i} (t_{if}^j - t_{is}^j),$$

где F_i — множество заявок, покинувших очередь за время $(t_{ia}; t]$; t_{is}^j, t_{if}^j — соответственно время постановки и время изъятия из i -й очереди заявки с номером j .

Использовать это значение, отнесенное к количеству выбранных из очереди заявок n_{if} , в качестве меры использования ресурса обслуживающего устройства d_i не представляется возможным. Такой подход делает невозможным обновление информации о состоянии очереди без выбора заявки из нее, а такой выбор может не произойти именно по причине отсутствия достоверной информации о состоянии очереди.

Состояние очереди характеризуется набором заявок, находящихся в ней на момент времени t .

Обозначим их количество n_{ia} и определим суммарную задержку ожидающих в очереди i заявок:

$$\sum d_{ia} = \sum_{j \in A_i} (t - t_{is}^j),$$

где A_i — множество ожидающих в очереди i заявок.

Отсюда получим среднюю задержку ожидания в очереди i за текущий период активности:

$$d_i = \frac{\sum d_{if} + \sum d_{ia}}{n_{if} + n_{ia}}. \quad (2)$$

Выводы

Сформулирована идеальная модель качества обслуживания по величине задержки [7]. Невозможность применения ее на практике обуславливается следующими ограничениями:

– во-первых, усреднение нестационарных величин (величины задержек в общем случае за период активности изменяются произвольно) не дает объективной информации о поведении системы;

– во-вторых, при длительной перегрузке (в реальных условиях применение модели эффективно именно при длительных перегрузках) слагаемые $\sum d_{ia}$ и n_{ia} числителя и знаменателя формулы (2) становятся пренебрежимо малыми по сравнению с $\sum d_{if}$ и n_{if} соответственно. То есть поведение системы определяется предысторией и практически не зависит от текущего состояния, что приводит к принятию неправильных решений при управлении;

– в-третьих, одной из основополагающих концепций предложенного подхода является независимость приоритета заявки на обслуживание от трудоемкости обработки заявки, в то время как длительность ее обработки может не быть пренебрежимо малой по сравнению со временем ожидания в очереди (например, при необходимости обращения к удаленным данным). Это может привести к необоснованным задержкам высокоприоритетных заявок, пришедших во время обслуживания низкоприоритетных заявок большой сложности.

– в-третьих, одной из основополагающих концепций предложенного подхода является независимость приоритета заявки на обслуживание от трудоемкости обработки заявки, в то время как длительность ее обработки может не быть пренебрежимо малой по сравнению со временем ожидания в очереди (например, при необходимости обращения к удаленным данным). Это может привести к необоснованным задержкам высокоприоритетных заявок, пришедших во время обслуживания низкоприоритетных заявок большой сложности.

Библиографический список

1. **Бартунов, О. С.** Управление доступом в сложных информационных системах на основе ролевой авторизации / О. С. Бартунов, М. Е. Прохоров, Е. Б. Родичев, С. Н. Ардатский // Единая образовательная информационная среда. — 2004. — № 2. — С. 103—108.
2. **Demers, A.** Analysis and Simulation of a Fair Queueing Algorithm / A. Demers, S. Keshav, S. Shenker // Internetworking: Research and Experience. — 1990. — V 1. — P. 3—26.
3. **Bennett, J. C.** Hierarchical Packet Fair Queueing Algorithms / J. C. R. Bennett, H. Zhang // In Proceedings of the ACM-SIGCOMM96, 1996. — P. 143—156.
4. **Floyd, S.** Link-Sharing and Resource Management Models for Packet Networks / S. Floyd, V. Jacobson // IEEE/ACM Transactions on Networking. — 1995. — № 4, V. 3. — P. 365—386.

References

1. **Bartunov, O. S.** Upravlenie dostupom v slozhnykh informacionnykh sistemakh na osnove rolevoj avtorizacii / O. S. Bartunov, M. E. Prokhorov, E. B. Rodichev, S. N. Ardatskij // Edinaja obrazovatel'naja informacionnaja sreda. — 2004. — № 2. — S. 103—108.
2. **Demers, A.** Analysis and Simulation of a Fair Queueing Algorithm / A. Demers, S. Keshav, S. Shenker // Internetworking: Research and Experience. — 1990. — V 1. — P. 3—26.
3. **Bennett, J. C.** Hierarchical Packet Fair Queueing Algorithms / J. C. R. Bennett, H. Zhang // In Proceedings of the ACM-SIGCOMM96, 1996. — P. 143—156.
4. **Floyd, S.** Link-Sharing and Resource Management Models for Packet Networks / S. Floyd, V. Jacobson // IEEE/ACM Transactions on Networking. — 1995. — № 4, V. 3. — P. 365—386.

5. **Stoica, I.** A Hierarchical Fair Service Curve Algorithm for Link-Sharing, Real-Time and Priority Services / I. Stoica, H. Zhang // In Proceedings of the ACM-SIGCOMM97, 1997. — P. 249—262.

6. **Zhang, L.** Virtual Clock: a New Traffic Control Algorithm for Packet Switched Networks / L. Zhang // IEEE/ACM Transactions on Computer Systems. — 1990. — № 2, V. 9. — P. 10—24.

7. **Константинов, И. С.** Модель обеспечения качества обслуживания по величине задержки, основанная на семантических приоритетах / И. С. Константинов, А. И. Фролов // Вестник компьютерных и информационных технологий. — 2005. — № 3. — С. 30—34.

5. **Stoica, I.** A Hierarchical Fair Service Curve Algorithm for Link-Sharing, Real-Time and Priority Services / I. Stoica, H. Zhang // In Proceedings of the ACM-SIGCOMM97, 1997. — P. 249—262.

6. **Zhang, L.** Virtual Clock: a New Traffic Control Algorithm for Packet Switched Networks / L. Zhang // IEEE/ACM Transactions on Computer Systems. — 1990. — № 2, V. 9. — P. 10—24.

7. **Konstantinov, I. S.** Model' obespechenija kachestva obsluzhivaniya po velichine zaderzhki, osnovannaja na semanticheskikh prioritetakh / I. S. Konstantinov, A. I. Frolov // Vestnik komp'yuternykh i informacionnykh tekhnologijj. — 2005. — № 3. — S. 30—34.

QUALITY OF SERVICE ASSURANCE MODEL IN DATA NETWORKS

A. S. Krutolapov

PhD in in Engineering, Assoc. Prof.,

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,

e-mail: krut75@mail.ru

A control model for editing applications process with support quality of service in data networks of automated dispatch control of fire alarm and extinguishing systems is offered.

Keywords: network, data transmission, an automated system, dispatch control, application, priority, information, quality of service.

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ



Александр Соловьев
Андрей Калач
Олег Лебедев

Математические модели лавинных процессов

Исследование условий схода и поражающего действия снежных лавин



Соловьев, А. Математические модели лавинных процессов. Исследование условий схода и поражающего действия снежных лавин / Александр Соловьев, Андрей Калач, Олег Лебедев. — Saarbrücken: Lambert Academic Publishing, 2013. — 132 с.

Монография посвящена математическому моделированию накопления и схода снежных лавин в зависимости от физических свойств снежной массы. Исследовано взаимодействие лавины с препятствиями различной формы и размеров. Разработана информационная система анализа данных, которая позволяет получать значения и графическое изображение основных выходных характеристик лавины, анализировать происходящие в снежной массе процессы, ее фрагментацию и этапы схода лавины.

Книга будет полезна научным работникам, сотрудникам горноспасательных служб, студентам высших учебных заведений.

АРХИТЕКТУРА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ГПС МЧС РОССИИ

А. С. Крутолапов

Рассмотрена архитектура построения распределенных информационных сред. Предложена архитектура автоматизированной системы диспетчерского управления, принципиальным отличием которой является наличие подсистемы управления процессом обработки заявок на обслуживание. Основной целью данной подсистемы является обеспечение дифференцированного качества обслуживания пользователей в случае длительных перегрузок в информационной среде. Подсистема работает на уровне пользовательских запросов, основным критерием качества обслуживания является длительность пребывания заявки в системе, а приоритет определяется степенью важности оперативности доставки информации.

Ключевые слова: сеть, передача данных, автоматизированная система диспетчерского управления, клиент-сервер, интернет/интранет-технология.

В автоматизированных системах диспетчерского управления (АСДУ) ГПС МЧС России выделяют обычно 7 контуров, начиная с первичного учета до анализа и принятия управленческих решений. Основные информационные потоки между контурами на схеме не показаны, так как в нашем случае имеет значение лишь тот факт, что взаимодействие происходит через центральную базу данных головного предприятия. Это касается как пользователей локальной вычислительной сети головного подразделения, так и удаленных пользователей.

С целью определения принципов организации информационного обмена в АСДУ с поддержкой качества обслуживания необходимо рассмотреть архитектуру построения распределенных информационных сред.

Современные распределенные информационные системы строятся на основе архитектуры «клиент — сервер». Компьютер, управляющий тем или иным ресурсом, принято называть сервером этого ресурса, а компьютер, использующий этот ресурс, — клиентом. В информационных системах с архитектурой «клиент — сервер» выделяют серверы баз данных и серверы приложений.

Один из основных принципов технологии «клиент — сервер» заключается в разделении функций стандартного приложения на три группы:

- функции ввода и отображения данных;
- прикладные функции, характерные для данной прикладной области;
- функции хранения и управления данными.

В соответствии с этим в любом приложении выделяются следующие логические компоненты:

- компонент представления;
- прикладной компонент;

– компонент доступа к информационным ресурсам или менеджер ресурсов.

Различия в реализации приложений в рамках технологии «клиент-сервер» определяются тремя факторами. Во-первых, тем, в какие виды программного обеспечения интегрирован каждый из этих компонентов. Во-вторых, тем, какие механизмы используются для реализации каждой из трех групп. В-третьих, каким образом логические компоненты распределены между компьютерами в сети. В соответствии с этим выделяют три основных модели доступа к данным:

- модель доступа к удаленным данным;
- модель сервера баз данных;
- модель сервера приложений.

В двух первых моделях реализована двухуровневая схема разделения функций: в первой из них прикладные функции выполняются совместно с функциями представления программой-клиентом, в то время как во второй выполнение прикладных функций передано серверу, и ответственность за их выполнение возложена на ядро СУБД, так что прикладной компонент интегрируется в компонент доступа к информационным ресурсам. Взаимодействие компонентов клиента и сервера управляется самой СУБД. Такая архитектура получила название двухуровневой. Она позволяет добиться переносимости приложений и хорошо приспособлена к применению средств быстрой разработки.

В третьей модели реализована трехуровневая схема разделения функций, в которой прикладной компонент выделен в самостоятельный элемент. В модели сервера приложений *Application Server (AS)* процесс, выполняющийся на компьютере-клиенте, отвечает за ввод и отображение данных.

В зависимости от организации процесса информационного обмена серверов приложений может быть несколько. Обращение пользователей к серверу баз данных при необходимости может осуществляться через веб-сервер (так называемая интер-

Крутолапов Александр Сергеевич, канд. техн. наук, доц., Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, e-mail: krut75@mail.ru

нет/интранет-технология). Любая программа, которая пользуется ими, рассматривается как клиент приложения *Application Client* (AC), подробности реализации прикладных функций в сервере приложений скрыты от клиента приложений. При этом клиент приложений обращается с запросом не вообще к серверу приложений AS, а к конкретной службе этого сервера. Такая форма организации запросов позволяет эффективно управлять балансом загрузки на основе организации очередей к AS-процессу, который извлекает очередной запрос из очереди и передает его на обслуживание (обработку) в требуемую службу в соответствии с приоритетом.

Переход к трехуровневой архитектуре является обоснованным в следующих случаях:

- число параллельно подключенных к базе данных пользователей превышает 50;
- приложение вызывает разделяемые функции, реализующие логику системы, и активно использует хранимые процедуры;
- широко применяется кэширование данных, которое проще реализовать не на уровне клиента, а на выделенном сервере приложений;

- приложение должно функционировать в глобальной сети с территориально распределенными узлами;

- требуется проверка полномочий пользователей, обращающихся к базам данных.

Создание сложной распределенной интегрированной информационной системы должно базироваться на трехуровневой технологии «клиент-сервер».

В трехуровневой модели основная часть обработки информации перемещается на серверы приложений, которые, в свою очередь, пользуются услугами серверов баз данных, но пользовательский интерфейс по-прежнему остается на рабочей станции-клиенте. Необходимость стандартизации, упрощения и сопровождения клиентской части делает целесообразным применение интернет/интранет-технологий.

На основе приведенных выше требований, современных тенденций развития распределенных информационных систем и целей и задач исследования предложена архитектура АСДУ (рис.).

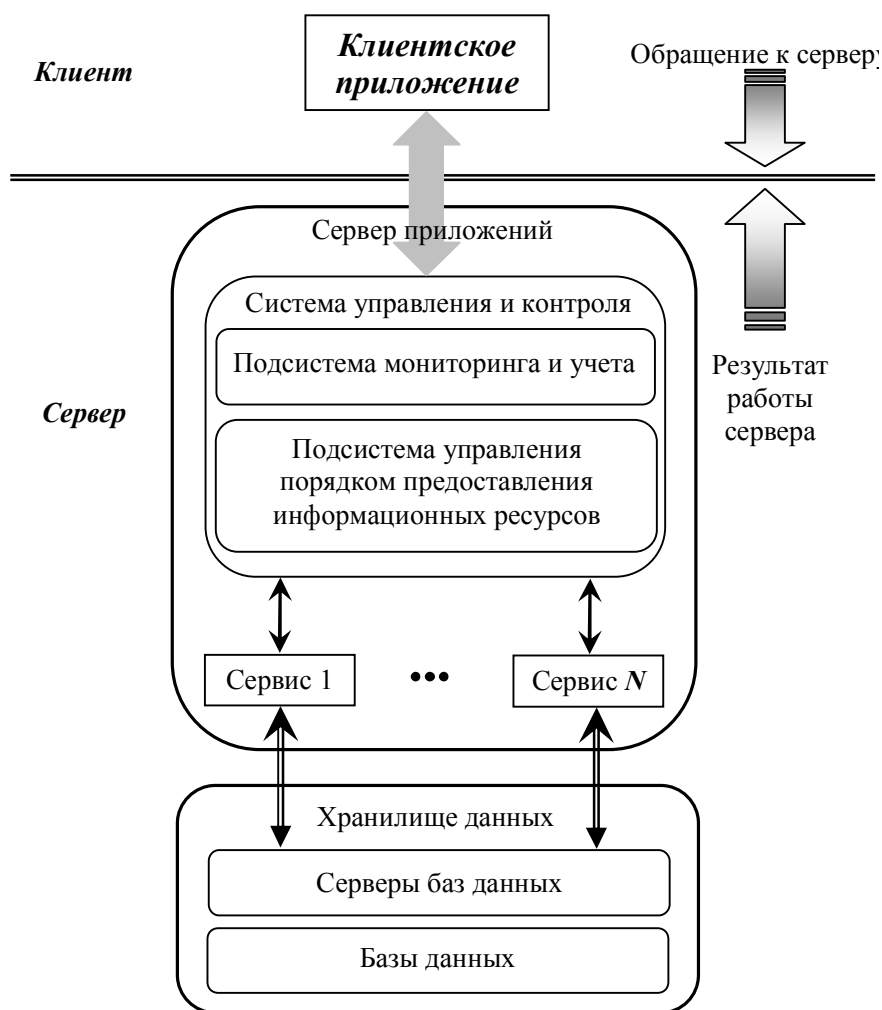


Рис. Архитектура сети передачи данных, обеспечивающая реализацию функций качества обслуживания

Функции управления пользователями возлагаются на систему управления и контроля, взаимодействующую с хранилищем данных путем управления выполнением прикладных программ обработки данных. Система управления и контроля, получив клиентский запрос, создает экземпляр необходимой для обработки полученного запроса прикладной программы в виде отдельного процесса или потока. Задачей экземпляра прикладной программы является обработка полученных данных в клиентском запросе и подготовка данных для ответа. В процессе подготовки ответа экземпляра прикладной программы может обращаться к хранилищу данных.

Одним из важнейших механизмов поддержания работоспособности и повышения эффектив-

ности работы информационной среды является мониторинг и учет используемых информационных ресурсов, реализуемый подсистемой мониторинга и учета.

Принципиальным отличием данной архитектуры от существующих является наличие подсистемы управления процессом обработки заявок на обслуживание. Основной целью данной подсистемы является обеспечение дифференцированного качества обслуживания пользователей в случае длительных перегрузок в информационной среде. Подсистема работает на уровне пользовательских запросов, основным критерием качества обслуживания является длительность пребывания заявки в системе, а приоритет определяется степенью важности оперативности доставки информации для АСДУ.

Библиографический список

1. Крутолапов, А. С. Структурная декомпозиция сети информационного обмена ГПС МЧС России / А. С. Крутолапов, Г. А. Абрамян // Проблемы управления рисками в техносфере. — 2010. — № 2 (14). — С. 67—70.
2. Крутолапов, А. С. Методика построения правил выбора организационно-технических мероприятий при управлении работоспособностью сети передачи данных / А. С. Крутолапов, А. С. Поляков // Вестник Санкт-Петербургского ун-та гос. противопожар. службы. — 2011. — № 3. — С. 38—43.
3. Крутолапов, А. С. Анализ концепции построения сетей информационного обмена / А. С. Крутолапов, Д. А. Сычев // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. — 2012. — № 4 (5). — С. 4—12.
4. Гадышев, В. А. Математическая модель информационного обмена в сетях передачи данных / В. А. Гадышев, А. С. Крутолапов, Д. А. Сычев // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. — 2012. — № 1 (2). — С. 14—17.

References

1. Krutolapov, A. S. Strukturnaja dekompozicija seti informacionnogo obmena GPS MChS Rossii / A. S. Krutolapov, G. A. Abramjan // Problemy upravlenija riskami v tekhnosfere. — 2010. — № 2 (14). — S. 67—70.
2. Krutolapov, A. S. Metodika postroenija pravil vybora organizacionno-tehniceskikh meroprijatij pri upravlenii rabotosposobnost'ju seti peredachi dannykh / A. S. Krutolapov, A. S. Poljakov // Vestnik Sankt-Peterburgskogo un-ta gos. proti-vopozhar. sluzhby. — 2011. — № 3. — S. 38—43.
3. Krutolapov, A. S. Analiz koncepcii postroenija setej informacionnogo obmena / A. S. Krutolapov, D. A. Sychev // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. — 2012. — № 4 (5). — S. 4—12.
4. Gadyshev, V. A. Matematicheskaja model' informacionnogo obmena v setjakh peredachi dannykh / V. A. Gadyshev, A. S. Krutolapov, D. A. Sychev // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii. — 2012. — № 1 (2). — S. 14—17.

ARCHITECTURE OF DISTRIBUTED DATA NETWORKS OF EMERCOM OF RUSSIA

A. S. Krutolapov

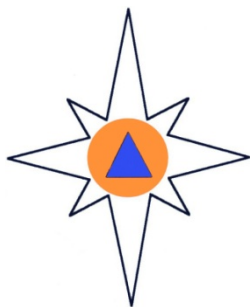
PhD in in Engineering,

Assoc. Prof., Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia,

e-mail: krut75@mail.ru

The architecture for distributed information environments. Prepositional architecture of automated control system, which is the fundamental difference is the presence of control subsystem processing of service requests. The main purpose of this subsystem is to provide differentiated quality of service to users in case of a prolonged overload in the information environment. Subsystem operates at the level of user queries, the main criterion for the quality of service is the length of stay request in the system, and the priority is determined by the degree of importance of the timeliness of information delivery.

Keywords: network, data network, automated control system, software, client-server. Internet/Intranet technology.



МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

УДК 551.578.46

МОДЕЛИРОВАНИЕ СХОДА СНЕЖНОЙ ЛАВИНЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

А. С. Соловьев

Предложена имитационная модель зарождения и схода снежной лавины при изменении температуры окружающей среды. Показано, что при медленном таянии снежной массы лавина образуется внезапно в некоторый момент времени, в который параметры снежной массы достигают критических значений и к которому внутренняя структура снежной массы успевает перестроиться.

Ключевые слова: снег, лавина, температура, теплопередача, моделирование.

Одной из основных причин начала движения снежной массы по склону и зарождения снежной лавины является изменение структуры снежной массы при изменении температуры. Изменение температуры (как повышение, так и понижение) приводит к изменению механических параметров снега (вязкости, сцепления отдельных фрагментов), что вызывает появление внутренних напряжений в снежной массе, и может вызвать деформации и разделение на фрагменты, что при благоприятствующих условиях может привести к образованию снежной лавины. Математическое описание тепловых явлений в снежной массе, а также структурных превращений снежной массы при изменении температуры является чрезвычайно сложным, поэтому до недавнего времени модели зарождения снежной лавины были грубыми и носили качественный характер. Однако в последние годы появилась возможность использовать вычислительную технику для моделирования, поэтому снежная масса на склоне горы может быть представлена с гораздо большей степенью адекватности. В частности, нами ранее разработана модель зарождения и схода снежной лавины, в которой снежная масса состоит из большого числа отдельных

фрагментов, сцепленных между собой и способных расщепляться при движении вниз по склону [1].

Целью данной работы являлась разработка математической модели снежной лавины, которая описывала бы не только механическое движение снежной массы и изменение ее структуры, но и тепловые процессы в снежной массе: теплопроводность, теплоемкость, зависимость физических свойств снежных фрагментов от температуры.

Моделирование зарождения и схода лавины проводится в двумерном пространстве $ХОУ$. Снежная масса представлена большим количеством (порядка 10^4) элементов-кругов, имитирующих отдельные фрагменты снега и движущихся по законам классической механики [2, 3]. Механические свойства снежной массы закладываются в выражение для силы взаимодействия между двумя элементами. В модели между элементами действуют упругие (потенциальные) силы и силы вязкого трения (диссипативные). Упругая сила взаимодействия элементов i и j зависит от расстояния между ними $F_{ij}(r_{ij})$ и задается линейной зависимостью

$$F_{ij}(r_{ij}) = c(r_{ij} - d_{\text{э}}), \quad (1)$$

где c — коэффициент жесткости, рассчитываемый по модулю упругости снежной массы; $d_{\text{э}}$ — диаметр элементов снега. При этом если расстояние r_{ij} превышает некоторое критическое расстояние r_k , в модели происходит отрыв двух элементов друг от друга (то есть обнуление силы взаимодействия). Обыч-

Соловьев Александр Семенович, канд. физ.-мат. наук, доц.,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
e-mail: vigps@mail.ru

© Соловьев А. С., 2013

но в моделях данного класса выбирают $r_k = k_{оzp} \cdot d_{\Delta}$, причем коэффициентом $k_{оzp}$ можно задавать склонность снежной массы к фрагментации: при $k_{оzp} = 1,0$ воспроизводится рассыпчатый снег (могут возникать только силы отталкивания между элементами, но не притяжения); при $k_{оzp} = 1,2$ воспроизводится липкий мокрый снег (могут возникнуть как силы отталкивания при $r_{ij} < d_{\Delta}$, так и силы притяжения при $d_{\Delta} < r_{ij} < r_k$). Для задания вязкой составляющей силы взаимодействия элементов используется общепринятая пропорциональная зависимость силы от скорости движения двух элементов по отношению друг к другу.

Поверхность склона представляется элементами-кругами размера d_{Δ} , фиксировано расположенными близко друг к другу вдоль имитируемой поверхности склона. Для того чтобы имитировать неровность поверхности склона, в модели направляющая линия поверхности, по которой располагаются элементы-круги, получается суперпозицией случайных гауссовских пиков. После создания рельефа поверхность в модели поворачивается на определенный угол ϕ к линии горизонта (угол крутизны склона). Снежная масса в начальный момент времени неподвижна, располагается вдоль склона на большом протяжении и имеет определенную толщину снежного покрова.

Моделирование тепловых процессов и фазовых переходов в объеме снежной массы является чрезвычайно сложной задачей. Сложность обусловлена случайной формой склона и случайной конфигурацией снежной массы на склоне, зависимостью состояния снега не только от температуры, но и от плотности снега, предыстории и других факторов. В то же время в основе модели лежат базовые уравнения классической термодинамики, а сложность задачи преодолевается использованием дискретизации пространства (и соответственно использованием численных методов расчета), а также использованием алгоритмизации и программирования для учета сложных внешних условий.

Распространение тепла в трехмерном случае описывается уравнением теплопроводности [4]

$$\frac{\partial}{\partial t} T(\vec{r}, t) = (\nabla, \chi(\vec{r}, t) \nabla T(\vec{r}, t)) + Q(\vec{r}, t), \quad (2)$$

где $T(\vec{r}, t)$ — искомое распределение температуры и его зависимость от времени; \vec{r} — радиус-вектор исследуемой точки пространства; t — время; ∇ — оператор набла:

$$\nabla = \frac{\partial}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial}{\partial z} \vec{k};$$

x, y — декартовы координаты исследуемой точки пространства; $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ — единичные векторы декартова пространства; $\chi(\vec{r}, t)$ — коэффициент теплопроводности вещества, зависящий от положе-

ния в пространстве и от времени; $Q(\vec{r}, t)$ — поступление тепла от внешней среды, зависящее от положения в пространстве и от времени.

Необходимо отметить, что коэффициент теплопроводности выражается через коэффициенты теплопроводности k , теплоемкости c и плотности вещества ρ следующим образом:

$$\chi = k / (c \cdot \rho).$$

Уравнение (2) является чрезвычайно сложным и допускает аналитическое решение лишь в простейших учебных задачах (одномерное приближение, простые геометрические формы, постоянный коэффициент теплопроводности и т. д.). Поэтому для исследуемого в настоящей работе объекта решение уравнения (2) сразу ориентируется на использование сеточных конечно-разностных численных методов и компьютера. Сетка для решения задачи теплопереноса привязывается к элементам снежной массы. Центр каждого круга-элемента является узлом сетки. Каждый узел сетки имеет примерно пять соседей (зависит от конкретной конфигурации окружения элемента), от которых возможен прием тепла, либо которым возможна передача тепла.

В конечно-разностной (сеточной) постановке задачи уравнение (2) преобразуется следующим образом. Для каждого узла i на каждом шаге интегрирования температура текущего узла (элемента снега) T_i зависит от температуры соседних узлов следующим образом [5]:

$$\frac{\Delta T_i}{\Delta t} = \chi_{ij} \sum_{j=1}^{N_c} \frac{T_j - T_i}{\Delta l_{ij}} + Q_i + q_i, \quad (3)$$

где Δt — шаг дискретизации по времени; χ_{ij} — коэффициент теплопроводности между узлами i и j ; N_c — количество соседних узлов; Δl_{ij} — расстояние между центрами узлов; Q_i — поступление тепла от внешней среды к данному узлу; q_i — количество теплоты, потребляемое или выделяющееся при фазовом превращении элемента снега i .

Используя последнюю формулу можно на текущем шаге интегрирования по времени τ пересчитать температуру T_i^{τ} каждого узла i для следующего шага интегрирования $\tau + 1$.

Температура элемента снега влияла на параметры его связи с соседними элементами, в частности на коэффициенты вязкости d и связности $k_{оzp}$.

В первой серии компьютерных экспериментов имитировали «мгновенное» таяние снежной массы. В течение первых 7 с компьютерного эксперимента снежный покров обладал высокой вязкостью ($d = 1,5$ Н·с/м) и связностью ($k_{оzp} = 1,05$), поэтому располагался на склоне неподвижно. В момент времени $t = 7$ с производилось скачкообразное изменение параметров снега, соответствующее состоянию тающего снега. Коэффициент вязкого трения между элементами снега снижался до значения $d = 0,5$ Н·с/м, а коэффициент ограничения взаимо-

действия до значения $k_{опр} = 1,02$. Так как теперь снежный покров по механическим свойствам становился ближе к жидкости, чем к твердому телу, он начинал двигаться вниз по склону. При малой крутизне склона ($0...30^\circ$) снежный покров медленно сползал по склону, со средней скоростью $v_{ср}$, не превышающей 0,6 м/с. При этом его движение существенно тормозилось взаимодействием с поверхностью склона, поэтому скорость движения снежной массы увеличивалась до некоторого значения и более не менялась. При большой же крутизне склона ($40...60^\circ$) вклад сил тяжести повышался по сравнению с силами трения, поэтому образовывалась полноценная лавина: скорость движения снежной массы неограниченно возрастала (в течение более чем 10 с скорость достигала 6 м/с) (рис. 1).

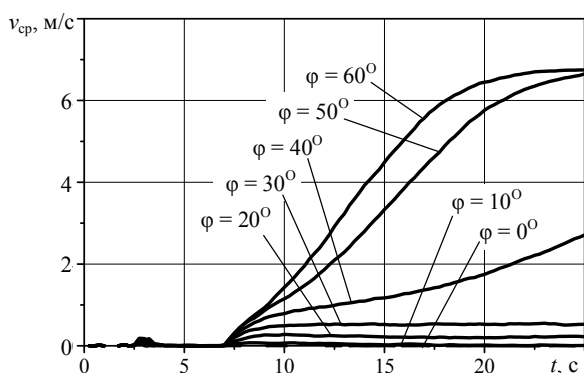


Рис. 1. Увеличение скорости движения снежной массы $v_{ср}$ с течением времени; в момент времени $t = 7$ с производится скачкообразное изменение параметров снежной массы («таяние снега»)

Для повышения адекватности модели в следующем компьютерном эксперименте производили не мгновенное изменение параметров снежной массы, а плавное. Плавное изменение параметров общепринято описывать так называемой ступенькообразной (сигмоидальной) функцией. Такая функция воспроизводит переход величины с одного уровня на другой. Из сигмоидальных функций наибольшее распространение для задач подобного класса получила функция Больцмана, которая часто применяется в описании химических процессов:

$$F(t) = F_2 + \frac{F_1 - F_2}{1 + e^{\frac{t-t_0}{\Delta t}}}, \quad (4)$$

где F_1 и F_2 — начальный и конечный уровни функции; Δt — параметр, определяющий время перехода с уровня на уровень; t_0 — момент времени, в который функция наполовину перешла с уровня на уровень (точка перегиба сигмоидальной функции Больцмана).

Для двух основных параметров, определяющих состояние снежной массы, переход производится с уровня 1,5 на уровень 0,5 Н·с/м для d и с уровня 1,05 на уровень 1,02 для $k_{опр}$. Учитывая, что общая длительность компьютерного эксперимента

составляла 100 с, было выбрано $t_0 = 50$ с, $\Delta t = 20$ с. Тогда зависимость параметров d и $k_{опр}$ от времени описывается следующими формулами:

$$d(t) = 0,5 + \frac{1,5 - 0,5}{1 + e^{\frac{t-50}{20}}}, \quad (5)$$

$$k_{опр}(t) = 1,02 + \frac{1,05 - 1,02}{1 + e^{\frac{t-50}{20}}}, \quad (6)$$

где t измеряется в секундах.

График изменения с течением времени параметра d приведен на рис. 2а. График $k_{опр}(t)$ имеет аналогичный вид, поэтому не приводится.

В данном компьютерном эксперименте снежная масса изначально располагалась на склоне крутизной 50° (при таком угле образуется ярковыраженная лавина). С началом плавного изменения параметров снега («таянием») долгое время (вплоть до 65 с, рис. 2б) снежная масса была неподвижной и не претерпевала сколько-нибудь заметных изменений. Скорость движения снежной массы в этом временном интервале была практически нулевой.

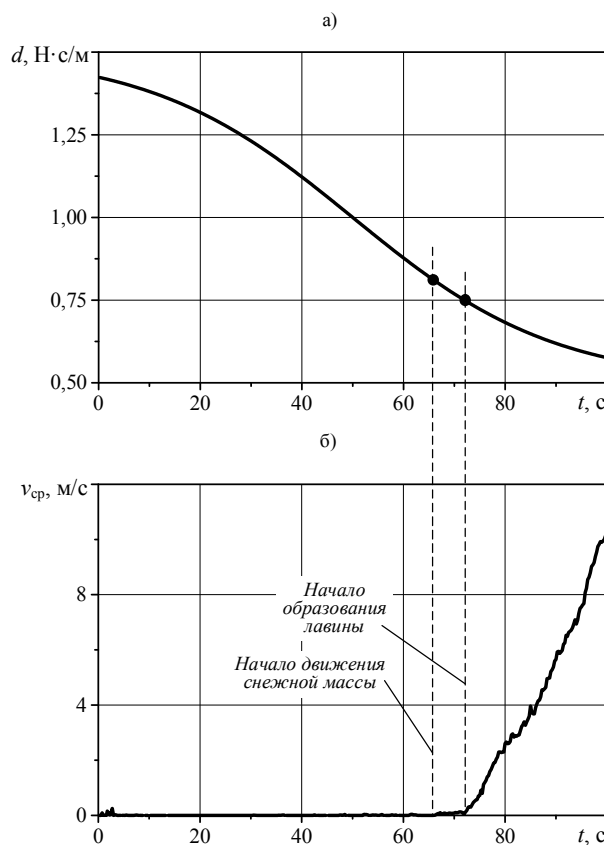


Рис. 2. График изменения параметра d (а) (при медленном уменьшении коэффициента вязкости снежной массы d и одновременном согласованном уменьшении параметра R_0 в некоторый момент времени начинается образование снежной лавины) и рост скорости снежной массы (б)

Начиная же с момента времени $t = 65$ с происходило зарождение и сход снежной лавины, что

иллюстрируется графиком скорости $v_{cp}(t)$ (рис. 2б) и серией последовательных иллюстраций состояния снежной массы (рис. 3).

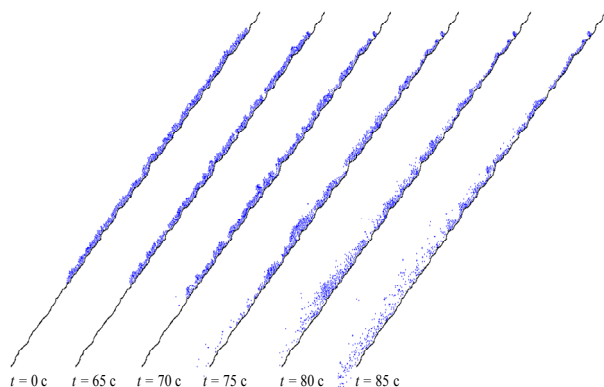


Рис. 3. Движение снежной массы по склону и изменение ее структуры по мере таяния снега

С 65 до 72 с характер движения снежной массы может быть описан как медленное сползание по склону (v_{cp} не более 0,2 м/с). На иллюстрациях (рис. 3) видно, что при $t = 70$ с снежный покров распределен уже не равномерно вдоль склон, а с уплотнениями и просветами. Начиная с $t = 72$ с характер движения снега меняется: образуется полноценная лавина. Скорость движения снежной массы неограниченно возрастает (рис. 2б). Снеж-

ная масса становится все более фрагментируемой (рис. 3, $t = 75$ с, $t = 80$ с), и вдоль склона формируется псевдо-кипящий слой, который практически не испытывает взаимодействия с поверхностью склона и поэтому скорость его движения, определяемая в основном силами тяжести, быстро растет (рис. 3, $t = 85$ с).

Необходимо отметить, что, несмотря на плавное изменение параметров снега, зарождение и сход лавины начинаются внезапно, в некоторый момент времени. Этот момент времени определяется достижением параметрами критических значений (в частности, $d = 0,8$ Н·м/с, $k_{огр} = 1,03$), а также некоторой предвсторией (предварительной перестройкой снежной массы).

Выводы

1. Впервые разработана имитационная модель зарождения и схода снежной лавины при изменении температуры окружающей среды.

2. В зависимости от крутизны склона происходит либо медленное сползание тающей снежной массы по склону (угол склона $0 \dots 30^\circ$), либо лавинообразное движение снега (угол более 40°).

3. При медленном таянии снежной массы лавина образуется внезапно в некоторый момент времени, в который параметры снежной массы достигают критических значений и к которому внутренняя структура снежной массы успевает перестроиться.

Библиографический список

1. **Имитационная модель схода снежной лавины:** свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2011614354 от 02.06.2011 г. / А. С. Соловьев, В. В. Посметьев, А. В. Калач, О. М. Лебедев.
2. Particle Based Simulation of Fluids / S. Premoze [et al.] // Eurographics. — 2003. — № 3, Vol. 22. — P. 103—113.
3. **Hafner, J.** Atomic-Scale Computation Materials Science / J. Hafner // Acta Mater. — 2000. — Vol. 48. — P. 71—92.
4. **Полянин, А. Д.** Линейные задачи тепло- и массопереноса: Общие формулы и результаты / А. Д. Полянин // Теоретические основы химической технологии. — 2000. — № 6, т. 34. — С. 563—574.
5. К проблеме неизотермического массопереноса в пористых средах / Н. Н. Гринчик [и др.] // Инженерно-физический журнал. — 2003. — № 6, т. 76. — С. 129—142.

References

1. **Imitacionnaja model' skhoda snezhnojj laviny:** svidetel'stvo o gos. registracii programmy dlja EhVM № 2011614354 ot 02.06.2011 g. / A. S. Solov'ev, V. V. Posmet'ev, A. V. Kalach, O. M. Lebedev.
2. Particle Based Simulation of Fluids / S. Premoze [et al.] // Eurographics. — 2003. — № 3, Vol. 22. — P. 103—113.
3. **Hafner, J.** Atomic-Scale Computation Materials Science / J. Hafner // Acta Mater. — 2000. — Vol. 48. — P. 71—92.
4. **Poljanin, A. D.** Linejnye zadachi teplo- i massopere-nosa: Obshhie formuly i rezul'taty / A. D. Poljanin // Teoreticheskie osnovy khimicheskoyj tekhnologii. — 2000. — № 6, t. 34. — S. 563—574.
5. K probleme neizotermicheskogo massopere-nosa v poristyx sredakh / N. N. Grinchik [i dr.] // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. — 2003. — № 6, t. 76. — S. 129—142.

MODELLING OF THE DESCENT OF THE AVALANCHE AT AMBIENT TEMPERATURE CHANGE

A. S. Solov'ev

PhD in Physics and Mathematics, Assoc. Prof.,

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia, e-mail: vigps@mail.ru

The imitating model of origin and avalanche descent is offered at ambient temperature change. It is shown that at slow thawing of snow weight the avalanche is formed suddenly in some timepoint in which parameters of snow weight reach critical values and to which the internal structure of snow weight manages to be reconstructed.

Keywords: snow, avalanche, temperature, heat transfer, modeling.

МОДЕЛИРОВАНИЕ МНОГОЛЕТНЕЙ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПЛОЩАДИ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ

П. М. Мазуркин, Т. Е. Каткова

На конкретном примере ежегодных лесных пожаров с 1963 по 2012 годы, происходивших на территории Республики Марий Эл, показан метод математического моделирования многолетней динамики по поврежденной площади леса. При этом пиковые значения площади лесных пожаров кризисных лет рекомендовано выделять гауссовым колоколом, а остатки после выявления множества импульсов площади моделируются идентификацией устойчивых волновых закономерностей в виде асимметричных вейвлет-сигналов.

Ключевые слова: лесные пожары, площадь, импульсы, вейвлет-сигналы, общая модель.

Введение. Территория Республики Марий Эл (РМЭ) принимается за локальную точку на карте Российской Федерации. Для неё климатические условия приняты постоянными, а леса занимают более 54 %. Следующими отличительными признаками точки являются малая плотность населения, компактная урбанизация, высокая экологичность.

Из-за экологических кризисов усиливается значение лесов в климатических технологиях и роль лесного хозяйства в динамике лесных пожаров, которые ныне сопоставимы с площадью лесов, вырубаемых для древесины. Большое количество лесных пожаров, огромные потери природных и антропогенных ценностей из-за них вызывают потребность в анализе, прогнозе и долгосрочных мерах по защите лесов. Для этого авторами предлагается методика выявления статистических закономерностей динамики лесных пожаров по площади поврежденных лесных участков, позволяющая создать базу для ежегодного мониторинга и итерационного прогноза.

1. Концепция моделирования и исходные данные. Информационную базу для анализа и выявления импульсов, трендов и волновых функций составили официальные данные территориального органа Федеральной службы государственной статистики, а также Министерства лесного хозяйства по Республике.

Всплеск количества пожаров в лесах РМЭ в 2002 г. был, по-видимому, связан с циклом солнечной активности [1, 2]. Таким образом, максимумы 1972, 2002 и даже 2010 гг. численности лесных пожаров показывают наличие пока неизвестной математической зависимости.

Мазуркин Петр Матвеевич, д-р техн. наук, проф.
Поволжский государственный технологический университет, e-mail: kaf_po@mail.ru

Каткова Татьяна Евгеньевна, канд. экон. наук,
доц., Поволжский государственный технологический университет, e-mail: tatianakat@mail.ru

Однако основной причиной возникновения лесных пожаров является неосторожное обращение с огнем населения и людей, работающих в лесу. От природных гроз за 10 лет возникло всего 5,8 % пожаров, но ими было погублено 28,4 % от поврежденной пожарами площади леса [9]. Поэтому солнечная радиация влияет на возгораемость лесных горючих материалов [7], но количество самих лесных пожаров на 94,2 % зависит от человеческого фактора.

В данной статье время t (табл. 1) принимается за главную влияющую переменную.

Таблица 1
Площадь лесных пожаров гослесфонда РМЭ
(с учетом НП «Марий Чодра»)

Год	Время t , лет	Площадь S , га	Год	Время t , лет	Площадь S , га
1963	0	96	1988	25	121
1964	1	352	1989	26	15
1965	2	24	1990	27	8
1966	3	220	1991	28	35
1967	4	98	1992	29	64
1968	5	44	1993	30	52
1969	6	418	1994	31	36
1970	7	97	1995	32	141
1971	8	65	1996	33	519
1972	9	184997	1997	34	41
1973	10	117	1998	35	50
1974	11	11	1999	36	61
1975	12	102	2000	37	5,7
1976	13	4	2001	38	42,5
1977	14	103	2002	39	1356,9
1978	15	7	2003	40	18,3
1979	16	17	2004	41	14,13
1980	17	9	2005	42	40,45
1981	18	515	2006	43	273,17
1982	19	24	2007	44	99,27
1983	20	39	2008	45	51,76
1984	21	310	2009	46	408
1985	22	87	2010	47	73092
1986	23	255	2011	48	17,048
1987	24	187	2012	49	9,352

Относительно неё затем можно дать анализ динамики солнечной активности по числам Вольфа, и только после этого можно будет браться за изучение влияния чисел Вольфа на пожары в лесах.

Табл. 1 нужно ежегодно дополнять и проводить повторное моделирование с 1963 г. Статистика лесных пожаров пока имеет малую достоверность. Экологи оценивают площадь пожаров с помощью спутникового мониторинга. В разных источниках информации приводятся сильно различающиеся между собой количественные данные. Поэтому погрешность измерений можно оценивать только сопоставлением данных.

Погрешность измерений и регистрации количества и площади лесных пожаров на территории РМЭ достигает 10 %. Поэтому и статистическое моделирование [8] нужно проводить не точнее уровня добротности исходных данных. Но даже при этом появляются волновые составляющие, которые дают закономерности с очень сильной теснотой связи.

Методику моделирования покажем по ходу выявления биотехнической закономерности от простого уравнения к сложной конструкции с несколькими волновыми составляющими.

2. Импульсы площади. Оказалось, что динамика площади лесных пожаров имеет более выраженный стохастический характер по сравнению с ежегодным изменением количества лесных пожаров. В итоге появилась потребность в применении гладкой импульсной функции, какой является *гауссов колокол*.

На рис. 1 показаны графики импульсов по пяти гауссовым колоколам, данные по которым в табл. 1 выделены жирным шрифтом.

Пики импульсов располагались в 1972, 2010, 2002, 1996 и 1981 годах (по убыванию амплитуды).

По закону нормального распределения (закону Гаусса) были получены следующие уравнения:

- гауссов колокол 1972 г. при $8 \leq t_1 \leq 11$:

$$S_1 = 194997 \exp(-7,61724(t_1 - 9)^2); \quad (1)$$

- гауссов колокол 2010 г. при $45 \leq t_2 \leq 49$:

$$S_2 = 73091,6 \exp(-5,84041(t_2 - 47)^2); \quad (2)$$

- гауссов колокол 2002 г. при $37 \leq t_3 \leq 41$:

$$S_3 = 1356,91 \exp(-3,79851(t_3 - 39)^2); \quad (3)$$

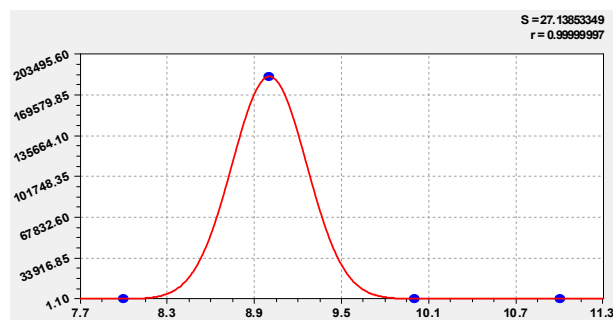
- гауссов колокол 1996 г. при $31 \leq t_4 \leq 34$:

$$S_4 = 518,8975 \exp(-1,73659(t_4 - 33)^2); \quad (4)$$

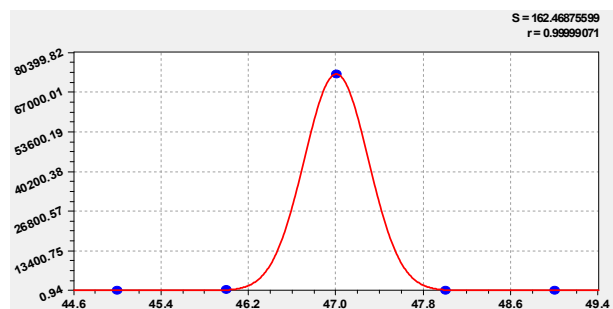
- гауссов колокол 1981 г. при $17 \leq t_5 \leq 19$:

$$S_5 = 515,0 \exp(-3,44081(t_5 - 18)^2). \quad (5)$$

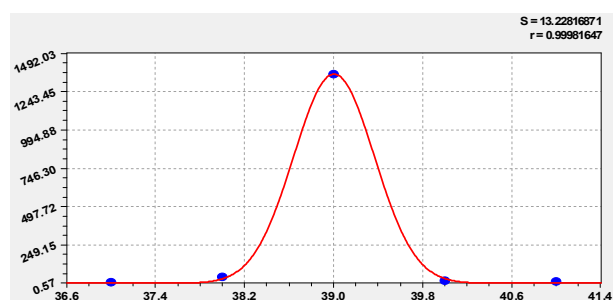
После пяти импульсов получили табл. 2.



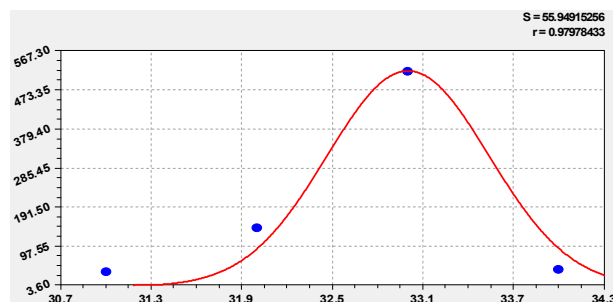
Импульсная функция гауссова колокола, 1972 г.



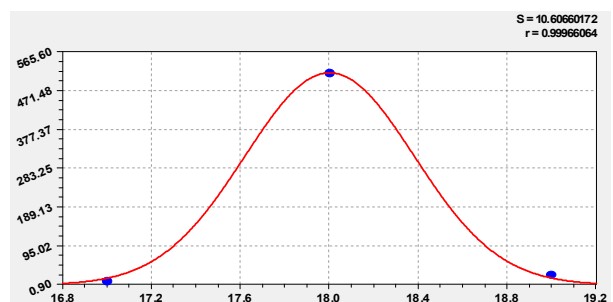
Импульсная функция гауссова колокола, 2010 г.



Импульсная функция гауссова колокола, 2002 г.



Импульсная функция гауссова колокола, 1996 г.



Импульсная функция гауссова колокола, 1981 г.

Рис. 1. Стохастическая динамика изменения площади лесных пожаров в РМЭ (в верхнем правом углу дисперсия и коэффициент корреляции)

Таблица 2
Площадь лесных пожаров
после исключения импульсов

Год	Время t , лет	Площадь S , га	Год	Время t , лет	Площадь S , га
1963	0	96	1988	25	121
1964	1	352	1989	26	15
1965	2	24	1990	27	8
1966	3	220	1991	28	35
1967	4	98	1992	29	64
1968	5	44	1993	30	52
1969	6	418	1994	31	35,50
1970	7	97	1995	32	49,61
1971	8	-26	1996	33	0,1025
1972	9	-4e-10	1997	34	-50,39
1973	10	26	1998	35	50
1974	11	11	1999	36	61
1975	12	102	2000	37	5,70
1976	13	4	2001	38	12,10
1977	14	103	2002	39	1,5e-5
1978	15	7	2003	40	-12,1
1979	16	17	2004	41	14,13
1980	17	-7,5	2005	42	40,45
1981	18	3,5e-10	2006	43	273,17
1982	19	7,5	2007	44	99,27
1983	20	39	2008	45	51,76
1984	21	310	2009	46	195,48
1985	22	87	2010	47	1,3e-8
1986	23	255	2011	48	-195,5
1987	24	187	2012	49	9,35

Расчеты были проведены в программной среде Excel по предыдущим формулам, а затем расчетные значения площади по пяти гауссовым колоколам были вычтены из данных, приведенных в табл. 1.

Из данных табл. 2 заметно, что импульсные функции понижают значение изучаемого показателя почти до нуля. Отличительным признаком становится «долг» лесов РМЭ лесным пожарам (отрицательные значения в табл. 2). Около пика 1972 г. заметна четкая асимметрия (-26 га для 1971 г.), и этот долг был восстановлен полностью (+26 га) в 1973 г. аналогичная картина в 1980—1982 годах при $\mp 7,5$ га. Но в 1995—1997 годах ситуация переменилась: послепиковый год стал кризисным. Такая опасная картина наблюдалась в 2001—2003 годах ($\pm 12,1$ га) и эта опасность увеличилась в 2009—2011 гг. ($\pm 195,5$ га).

То есть наблюдается рост напряженности лесных пожаров по площади повреждения лесов, усугубляемый на территории РМЭ массовым высыханием ельников и эпидемическим поражением древостоев и других пород вредителями.

3. Вейвлет-сигнал. Сигнал — это материальный носитель информации [3, 6, 7] (в данной статье — лесной пожара с параметром площади повреждения леса). А информация понимается как мера взаимодействия. Сигнал может генерироваться, но его приём не обязателен. Так, например, ряд простых

чисел известен несколько тысяч лет, но суть его как множества сигналов до сих пор не была раскрыта [4, 5]. Сигналом может быть любой физический процесс или его часть. Получается, что изменение множества неизвестных сигналов давно известно, например, через динамические ряды лесных пожаров во многих точках планеты. Однако до сих пор не получены их статистические модели.

Любой вейвлет-сигнал имеет вид

$$y_i = A_i \cos(\pi x / p_i - a_{8i}),$$

$$A_i = a_{1i} x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i} x^{a_{4i}}),$$

$$p_i = a_{5i} + a_{6i} x^{a_{7i}},$$
(6)

где A_i — амплитуда (половина) вейвлета (ось y); p_i — полупериод колебания (ось x).

По формуле (6) с двумя фундаментальными физическими постоянными e (число Непера, или число времени) и π (число Архимеда, или число пространства) образуется внутри изучаемого явления и/или процесса квантованный вейвлет-сигнал.

Понятие вейвлет-сигнала позволяет абстрагироваться от физического смысла самих рядов (в общем случае не только динамических) и рассматривать их аддитивное волновое разложение.

4. Трендовая закономерность. По остаткам от пяти импульсов она дает тенденцию до 1963 г. и после 2012 г. и показывает динамику качества в поведении тех, кто управляет лесными пожарами.

В программной среде типа CurveExpert-1.40 вначале выявляется (рис. 2) тренд вида

$$S_6 = 175,77245 \exp(-0,14606t^{0,63958}).$$
(7)

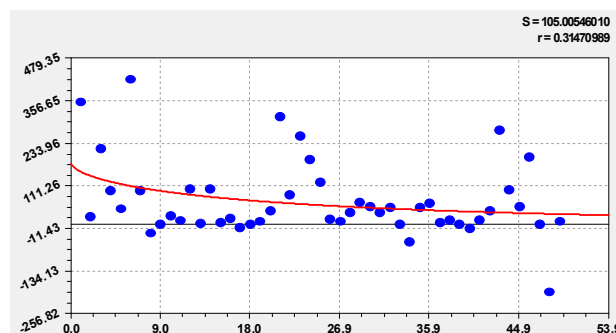


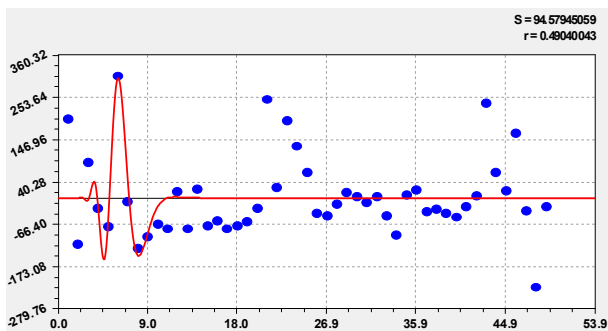
Рис. 2. Тренд динамики площади лесных пожаров РМЭ

Площадь лесных пожаров на территории РМЭ с 1963 по 2012 гг. снижается по закону экспоненциальной гибели (6). Поэтому можно сказать, что противопожарные службы РМЭ за 50 лет снизили среднестатистическую динамику поврежденной площади леса от 175,77 га в 1963 г. почти в 20 раз к 2012 г.

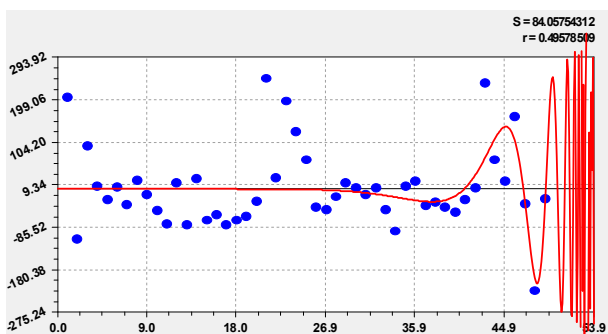
По тренду можно сопоставлять физическую эффективность функционирования МЧС и минлесхоза у разных субъектов Российской Федерации.

5. Колебания площади лесных пожаров. Идентификация (6) позволила дать три волны (рис. 3). Первый вейвлет сигнализировал о предстоящем пи-

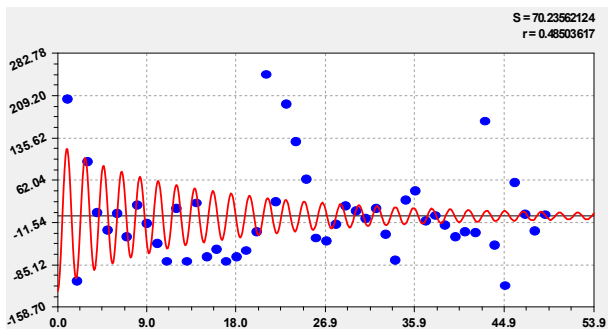
ке (самом высоком колоколе Гаусса) 1972 г., если бы была ежегодная итерация (повторная структурно-параметрическая идентификация [8]) модели (6), то с 1967 г. можно было бы понять надвигающуюся катастрофу 1972 г. Ныне первое колебательное возмущение получает только статус историографического анализа [6].



Первая волновая составляющая динамики изменения площади лесных пожаров



Второе колебательное критическое возмущение



Третье колебательное возмущение площади лесных пожаров

Рис. 3. Волновая динамика площади лесных пожаров РМЭ

По рис. 3 видно, как опасен второй вейвлет, который дает сложный сигнал с резко нарастающей амплитудой и повышающейся частотой колебания. Поэтому леса РМЭ могут получить уже с 2013 г. сильнейшие кризисные возмущения.

Третья волна показывает, что тренд на рис. 2 протекал не сам по себе, а с дополнительно снижающимся по амплитуде колебанием.

6. Совмещение вейвлетов с трендом. После объединения и совместной обработки была получена (рис. 4) статистическая модель с тремя макроколебаниями (вейвлет-сигналами) вида

$$\begin{aligned}
 S_{6-9} &= 209,2812 \exp(-0,17517t^{0,63379}) + \\
 &+ A_1 \cos(\pi t / p_1) + A_2 \cos(\pi t / p_2 - 4,87624) + \\
 &+ A_3 \cos(\pi t / p_3 + 5,41715), \\
 A_1 &= -148,6240 \exp(-0,11641t^{0,85639}), \\
 p_1 &= 0,91832, \\
 A_2 &= 0,0015878t^{14,57702} \exp(-2,33105t), \\
 p_2 &= 0,017116 + 0,026949t, \\
 A_3 &= -2,75491 \cdot 10^{-23} t^{22,10818} \exp(-2,99820t^{0,57987}), \\
 p_3 &= 213,5169 - 4,00273t^{0,99943}.
 \end{aligned}
 \tag{7}$$

Здесь параметры тренда также изменились. Среднестатистическое начальное значение площади лесных пожаров возросло с 175,77 до 209,28 га.

Первая и третья волны оказались кризисными (для лесных пожаров как некой условной популяции), а вот второе колебательное возмущение дает наращивание изучаемого показателя (рис. 4).

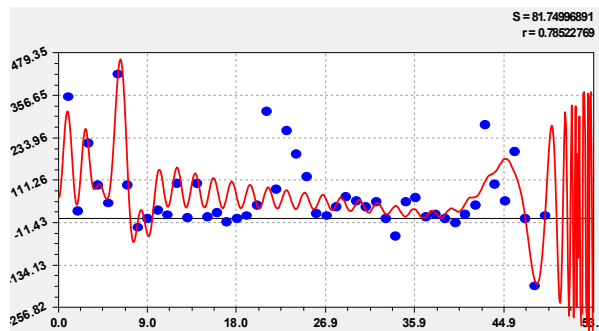


Рис. 4. Тренд и три волны динамики изменения площади лесных пожаров

7. Дополнительные вейвлеты. По остаткам от формулы (7) были получены еще 36 волн возмущения площади по активности лесных пожаров. Максимальная относительная погрешность остатков после 45-го члена общей статистической модели равна 3,54 % для площади лесных пожаров 1976 г.

В табл. 3 даны параметры модели по всем 45 составляющим, а на рис. 5—7 показаны некоторые графики характерных составляющих.

Макроволны 10, 11 и 14 произошли в прошлом, поэтому они не влияют на прогнозы. Два сильные мезоколебания даны на рис. 6.

При площади менее 10 га по половине амплитуды возникают микроколебания (рис. 7).

Вначале погрешность записи в табл. 1 значеный площади была ±0,5 га. Остатки стали меньше. Поэтому дальше идентификацию прекращаем.

Опасны волны, имеющие амплитуду по закону экспоненциального роста. Такой волной на рис. 7 является вейвлет по 35-й составляющей, поэтому даже колебание с малой амплитудой со временем, например после 2050 г, становится значимым.

Таким образом, каждый волновой сигнал может быть эвристически объяснен. По формулам с параметрами из табл. 3 дается амплитудно-частотный анализ любого члена из общей модели.

Параметры общего уравнения динамики изменения площади лесных пожаров на территории РМЭ за 1963-2012 гг.

Номер <i>i</i>	Вейвлет-сигнал								Коэфф. корр. <i>r</i>
	$y_i = a_{1i}x^{a_{2i}} \exp(-a_{3i}x^{a_{4i}}) \cos(\pi x / (a_{5i} + a_{6i}x^{a_{7i}}) - a_{8i})$								
	Амплитуда (половина) колебания				Полупериод колебания			Сдвиг	
a_{1i}	a_{2i}	a_{3i}	a_{4i}	a_{5i}	a_{6i}	a_{7i}	a_{8i}		
Мегавозмущения по пяти апериодическим импульсам (колоколам Гаусса) при амплитуде >500 га									
1	184997	0	7,61724	2	Переменная $t_1 - 9$ при $8 \leq t_1 \leq 11$				1,000
2	73091,6	0	5,84041	2	Переменная $t_2 - 47$ при $45 \leq t_2 \leq 49$				1,0000
3	1356,91	0	3,79351	2	Переменная $t_3 - 39$ при $37 \leq t_3 \leq 41$				0,9998
4	518,9	0	1,73659	2	Переменная $t_4 - 33$ при $31 \leq t_4 \leq 34$				0,9798
5	515	0	3,44081	2	Переменная $t_5 - 18$ при $17 \leq t_5 \leq 19$				0,9997
Макроколебания площади повреждения лесов пожарами — от 60 до 500 га									
6	209,2812	0	0,17517	0,64379	0	0	0	0	0,7852
7	-148,6240	0	0,11641	0,85639	0,91832	0	0	0	
8	0,0015878	14,57702	2,33105	1	0,017116	0,026949	1	4,87624	
9	-2,75491	22,10818	2,99820	0,57987	213,51693	-4,00273	0,99943	-5,41715	0,6876
10	-3,42666e-19	23,51475	1,13864	1	23,58690	-0,49848	1	-3,44090	0,4964
11	1,99542e-71	76,31690	2,24771	1,10381	4,41036	-0,0045341	1,89950	-2,73969	0,5743
12	-1,14970e-29	23,86193	0,20861	1,19740	2,02082	-0,00031220	1,55275	-1,79718	0,5038
13	4,96855e-20	15,43241	0,014010	1,74056	27,65620	-12,66728	0,15580	-4,15461	0,5804
14	-2,15491e-64	112,91856	8,98193	1,08285	0,10387	0,0061136	1,42573	4,90174	
Мезоколебания в виде вейвлет-сигналов о динамике площади лесных пожаров — от 10 до 60 га									
15	28,64663	0	0,065606	1	1,04805	2,46866	0,45228	1,74244	0,3439
16	-3,20273e-33	32,22598	1,00188	1,02008	2,00046	0,00012839	1,78954	-3,03273	0,1776
17	5,62303e-42	35,50210	0,73937	1,02235	2,28984	-0,028763	0,81256	-0,47136	0,7927
18	1,79181e+5	4,86618	8,59048	0,44802	1,33507	0	0	-1,85127	0,5542
19	-1,21627e-32	49,85668	3,90994	1	0,27641	0,016445	1,23280	3,72008	0,5630
20	8,41633e-11	11,56418	0,54325	0,95316	2,77557	0,10486	0,92333	4,38802	0,4180
21	-5,32258e-24	23,11074	0,75554	0,99309	2,00396	-0,032628	0,81345	-0,54463	0,8384
22	-0,025268	5,45771	0,72100	1	33,65080	-0,90233	1,00889	-2,43142	0,4341
23	-1,88485e-32	67,04677	7,58985	1,02514	0,34050	0,038648	1,06756	3,72664	0,3524
24	-108,02764	11,46764	17,75266	0,25690	1,67290	0	0	1,12901	0,4515
Микроколебания динамики возмущения площади лесных пожаров — менее 10 га									
25	-0,10769	1,75299	0,20038	0,80374	1,46417	0,00012537	1,38219	0,84339	0,3480
26	1,05760e-17	21,39769	1,06125	1,02238	1,52794	-0,0078780	1,17103	-5,52139	0,4112
27	1326026,1	10,39302	22,48023	0,22362	0,053864	0,059657	0,81648	5,82492	0,7265
28	1,44449	0	0,018274	1	4,36724	0,00088949	1	-0,35154	0,3513
29	0,54375	0	0	0	6,64090	0,15977	1	0,47205	0,2164
30	0,40286	0	-0,0061567	1	3,67709	0	0	2,39530	0,1825
31	8,10014e-22	26,88136	6,74107	0,54286	1,18446	0,013148	0,42692	4,49362	0,4363
32	0,38801	0	0	0	7,45991	0,035477	1	0,52299	0,1762
33	0,21326	0	0	0	6,67230	-0,010847	1	0,35023	0,0954
34	-2,07861	0	0,025178	1	2,98706	0	0	2,01633	0,5651
35	-0,48410	0	-0,031280	1	1,93783	5,64420e-5	1	2,03856	0,6792
36	2,49538	0	0,070700	1	58,88213	-0,63556	1	-0,85610	0,5066
37	-0,026874	2,11632	0,16498	0,97716	2,26763	3,27790e-5	1,77584	3,37474	0,4174
38	0,0022473	2,25954	0,00027515	2,75810	1,10780	0,048192	0,64155	0,92335	0,3331
39	4,41225	0	0,60-955	1	2,99807	-0,52161	1	-1,19292	0,5117
40	0,25122	0	-0,0010867	1	3,65796	-0,00015602	1,93411	1,04493	0,3011
41	2,29314	8,20852	8,42660	0,39613	9,20428	0,00022834	2,55309	-3,33024	0,1623
42	1,19240e-40	33,70802	0,80389	0,99913	1,05843	0,00010622	1,21036	0,63116	0,9443
43	-2,44306e-30	32,56485	1,56605	0,98857	1,47597	-0,0059593	1,03437	-5,14224	0,6500
44	-0,024663	0,75948	0,00023702	2,34142	2,87813	-0,00011027	1,86087	0,63404	0,6829
45	2,13571e-69	56,10620	1,26448	1	3,14736	-0,024371	0,96600	-3,80098	0,6912

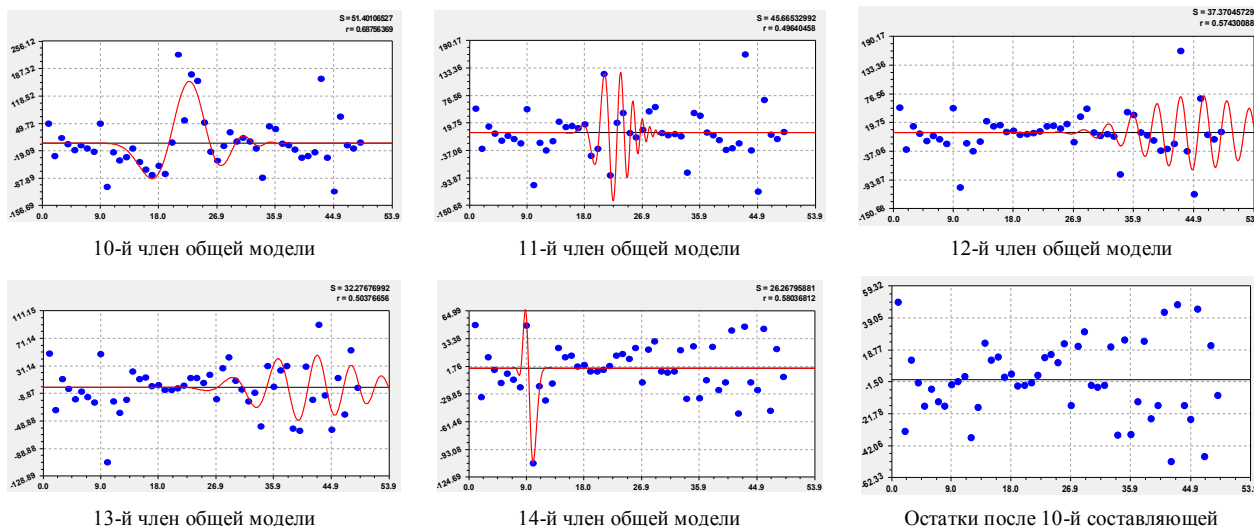


Рис. 5. Графики макроколебаний площади лесных пожаров

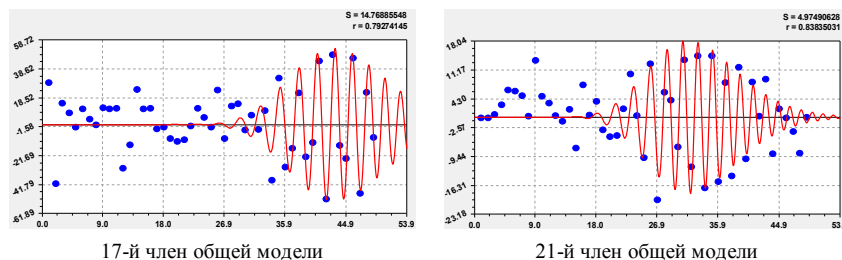


Рис. 6. Графики средних колебаний площади лесных пожаров (влияние сильных возмущений завершится к 2022 году)

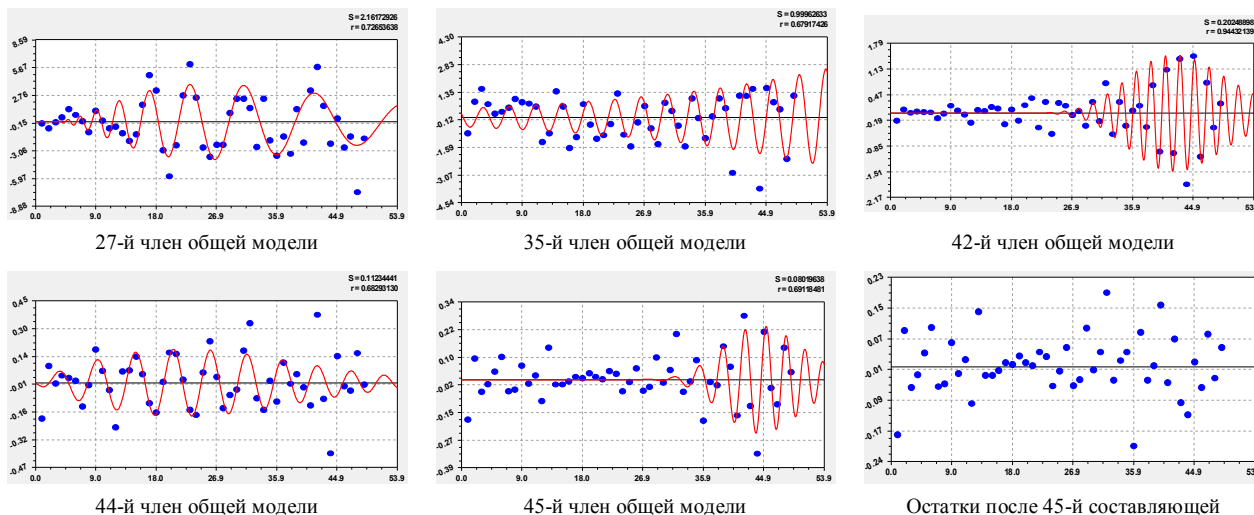


Рис. 7. Графики микроколебаний площади лесных пожаров

Выводы. Статистическое моделирование динамического ряда лесных пожаров за 50 лет с 1963 по 2012 г., происшедших на территории Республики Марий Эл, показали, что для мониторинга лесных пожаров и последующего анализа можно рекомендовать следующую классификацию волн по значениям половины амплитуды колебания:

1) мегавозмущения по закону Гаусса (нормального распределения) с амплитудой >500 га;

2) макроколебания поведения системы «лесные пожары — службы пожаротушения» при площади поврежденных лесных участков от 60 до 500 га;

3) мезоколебания площади лесных пожаров на территории субъекта федерации с половиной амплитуды от 10 до 60 га;

4) микроколебания пр площади менее 10 га.

Эти четыре уровня позволят сравнивать территории субъектов федерации с учетом их лесистости.

1. Каткова, Т. Е. Прогноз периодов повышенной горимости лесов Республики Марий Эл на основе периодических изменений солнечной активности / Т. Е. Каткова // Актуальные проблемы лесного комплекса / сб. науч. тр. по итогам междунар. науч.-техн. конф. / под ред. Е. А. Памфилова. Вып. 15. — Брянск: БГИТА, 2006. — С. 29—31.
2. Каткова, Т. Е. Солнечная активность и периоды повышенной горимости лесов Республик Марий Эл и Коми / Т. Е. Каткова // Наука в условиях современности: сб. ст. студ., асп., докторантов и проф.-преп. состава по итогам НИР МарГТУ в 2006 г. — Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. — С. 15—18.
3. Мазуркин, П. М. Биотехнический закон и виды факторных связей / П. М. Мазуркин // Успехи современного естествознания. — 2009. — № 9. — С. 152—156.
4. Мазуркин, П. М. Вейвлет-анализ ряда простых чисел / П. М. Мазуркин // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 12. — С. 568—575.
5. Мазуркин, П. М. Закономерности простых чисел / П. М. Мазуркин. — Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2012. — 280 с.
6. Мазуркин, П. М. Историографический анализ динамики населения России / П. М. Мазуркин // Междунар. журнал прикладных и фундаментал. исследований. — 2009. — № 5. — С. 56—69.
7. Мазуркин, П. М. Активность Солнца и годичная динамика лесных пожаров на особо охраняемой территории / П. М. Мазуркин, К. С. Блинова // Успехи современного естествознания. — 2013. — № 1. — С. 102—107.
8. Мазуркин, П. М. Математическое моделирование. Идентификация однофакторных статистических закономерностей / П. М. Мазуркин, А. С. Филонов. — Йошкар-Ола: МарГТУ, 2006. — 292 с.
9. Пожар от спички. В республике горят леса // АИФ в Марий Эл. Региональное приложение. — № 29 (482), 18—24 июля 2012 г.

1. Katkova, T. E. Prognoz periodov povyshennoj gorimosti lesov Respubliki Marij Ehl na osnove periodicheskikh izmenenij solnechnoj aktivnosti / T. E. Katkova // Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa / sb. nauch. tr. po itogam mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. / pod red. E. A. Pamfilova. Vyp. 15. — Brjansk: BGITA, 2006. — S. 29—31.
2. Katkova, T. E. Solnechnaja aktivnost' i periody povyshennoj gorimosti lesov Respublik Marij Ehl i Komi / T. E. Katkova // Nauka v uslovijakh sovremenosti: sb. st. stud., asp., doktorantov i prof.-prep. sostava po itogam NIR MarGTU v 2006 g. — Jjoshkar-Ola: MarGTU, 2006. — S. 15—18.
3. Mazurkin, P. M. Biotekhnicheskij zakon i vidy faktornykh svyazej / P. M. Mazurkin // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. — 2009. — № 9. — S. 152—156.
4. Mazurkin, P. M. Veyjvlet-analiz rjada prostykh chisel / P. M. Mazurkin // Fundamental'nye issledovaniya. — 2011. — № 12. — S. 568—575.
5. Mazurkin, P. M. Zakonomernosti prostykh chisel / P. M. Mazurkin. — Deutschland: Palmarium Academic Publishing, 2012. — 280 s.
6. Mazurkin, P. M. Istoriograficheskij analiz dinamiki naselenija Rossii / P. M. Mazurkin // Mezhdunar. zhurnal prikladnykh i fundamental. issledovaniij. — 2009. — № 5. — S. 56—69.
7. Mazurkin, P. M. Aktivnost' Solnca i godichnaja dinamika lesnykh pozharov na osobo okhranjaemoj territorii / P. M. Mazurkin, K. S. Blinova // Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya. — 2013. — № 1. — S. 102—107.
8. Mazurkin, P. M. Matematicheskoe modelirovanie. Identifikacija odnofaktornykh statisticheskikh zakonomernostej / P. M. Mazurkin, A. S. Filonov. — Jjoshkar-Ola: MarGTU, 2006. — 292 s.
9. Pozhar ot spichki. V respublike gorjat lesa // AIF v Marij Ehl. Regional'noe prilozhenie. — № 29 (482), 18—24 ijulja 2012 g.

MODELING OF DYNAMICS OF THE AREA OF FOREST FIRES FOR THE LONG PERIOD OF TIME

P. M. Mazurkin

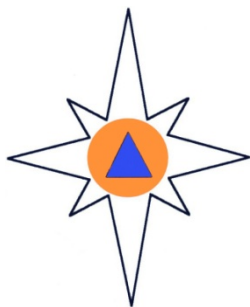
D. Sc. in Engineering, Prof.,
Volga State University of Technology,
e-mail: kaf_po@mail.ru

T. E. Katkova

PhD in Economics, Assoc. Prof.,
Volga State University of Technology,
e-mail: tatianakat@mail.ru

On a concrete example of annual forest fires from 1963 to 2012 years, occurring in the territory of Mari El Republic, the method of mathematical modeling of long-term dynamics on the damaged area of the wood is shown. Thus it is recommended to mark out peak values of the area of forest fires of crisis years with the Gaussian bell, and the remains after identification of a set of impulses of the area are modelled by identification of steady wave regularities in the form of asymmetric wavelet-signals.

Keywords: forest fires, area, impulses, wavelet-signals, general model.



ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ МЧС РОССИИ: ГУМАНИТАРНЫЕ АСПЕКТЫ

УДК 81'33

ПРОФИЛИРОВАНИЕ АВТОРА ТЕКСТА КАК ОДНО ИЗ СТРАТЕГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ ИССЛЕДОВАНИЙ

Т. А. Литвинова, Н. Н. Лантюхова, Е. С. Рыжкова, И. С. Шевченко

Авторы рассматривают проблему профилирования автора текста как одно из стратегических направлений исследований, описывают этапы решения данной проблемы. Особое внимание уделяется разработке программного комплекса для диагностирования личности автора письменного текста, который может быть использован, в частности, и в качестве дополнительного средства определения психологического профиля поступающего на службу в ряды МЧС России.

Ключевые слова: языковая личность; психолингвистика; корпусная лингвистика; личность; речевая деятельность; математическая лингвистика.

Исследуемая авторским коллективом проблема профилирования, т. е. диагностирования, характеристик автора текста (возраста, пола, психологического профиля и т. д.), в том числе текста интернет-коммуникации, путем анализа глубинных (неподконтрольных сознанию автора) параметров текста (подробнее см. [5]) соответствует *стратегическим направлениям исследований — поиску методов и средств борьбы с дезинформацией в Интернете*¹.

Литвинова Татьяна Александровна, канд. филол. наук, Воронежский государственный педагогический университет, e-mail: tanjalitvinova@rambler.ru
Лантюхова Наталья Николаевна, аспирант, Воронежский институт ГПС МЧС России, e-mail: lnn81@mail.ru

Рыжкова Екатерина Сергеевна, аспирант, Воронежский государственный педагогический университет, e-mail: ryzhkova.katerina@yandex.ru;

Шевченко Ирина Сергеевна, аспирант, Воронежский государственный педагогический университет, e-mail: lirishechka@mail.ru

© Литвинова Т. А., Лантюхова Н. Н., Рыжкова Е. С., Шевченко И. С., 2013

Данная проблема имеет несомненную теоретическую значимость, поскольку ее решение вносит вклад в теорию языковой личности, гендерной лингвистики, судебного автороведения [2], теорию текста как продукта индивидуальной речевой деятельности.

Решение данной проблемы также обладает высокой практической значимостью: методики установления информации об авторе анонимного текста анонимного текста могут быть востребованы в практике правоохранительных органов; могут быть применены для скрытого диагностирования свойств личности в рекрутменте; а также в маркетинговых исследованиях. Программные средства, позволяющие с высокой долей вероятности прогнозировать социобиографическую информацию об авторе текста и его психологический профиль, несомненно, будут востребованы пользователями Интернета и позволят в некоторой степени снизить уровень киберпреступлений (мошенничество; разжигание межнациональной розни и пр.), так как дадут пользователю представление о реальных характеристиках своего анонимного собеседника, в том числе уровне его агрессии.

1. Подготовка и предобработка корпуса текстов. Для решения задачи исследования необходимо в первую очередь материал — корпус текстов, размеченный специальным образом и содер-

¹ Одна из тем научно-исследовательских работ для конкурса Минобороны. URL: <http://hitech.newsru.ru/article/18oct2012/rumilcyberwars> (дата обращения — 10.02.2013).

жащий, помимо собственно текстов, информацию об их авторах (пол, возраст, психологические особенности по результатам тестирования). Корпуса текстов такого рода на русском языке не существует. В связи с этим Центром русского языка при ВГПУ проводятся мероприятия по подготовке данного корпуса. На настоящий момент в проекте приняли участие около 500 студентов воронежских вузов, получено около 1000 текстов общим объемом 0,5 млн словоупотреблений. Сбор текстов авторским коллективом продолжается. Все тексты вносятся в специально разработанную базу данных наряду с информацией об их авторах (проводится паспортизация корпуса) (см. подробнее о создаваемом корпусе текстов в [1]).

При этом тексты необходимо представить так, чтобы каждый класс (пол, та или иная характеристика психологического профиля) был представлен довольно большим числом характерных для него текстов (несколько десятков); тексты должны быть достаточного объема, классы сбалансированы так, чтобы они были представлены примерно одинаковым числом текстов.

Для решения задач исследования необходимо также осуществить морфологическую и синтаксическую разметку корпуса с помощью программ-анализаторов и провести ручную корректировку результатов данной разметки.

2. Выбор лингвистических признаков текста и извлечение значений этих признаков из текста. Выбор параметров текста, которые могут быть эффективны для диагностирования личности автора, осуществляется вручную — это самый трудоемкий и ответственный этап исследования. Общепринятого мнения о наборе неконтролируемых сознанием языковых параметров текста, релевантных для диагностирования личности его автора, применительно к русскому языку (как, впрочем, и применительно к другим языкам), до сих пор не выработано. Авторы в настоящее время разработали обширный список соответствующих параметров текста на основе анализа иноязычной научной литературы, а также на основе собственных предпроектных исследований.

В настоящее время ведется математическая обработка данных для установления значимости того или иного параметра текста для диагностирования той или иной характеристики автора текста.

Отметим, что в последние годы в американской лингвистике и психологии все больше исследований доказывают, что анализ использования местоимений, предлогов, союзов и др. позволяет получить достаточно информации об авторе текста. Так, находясь в депрессии или в сложной ситуации, люди используют больше местоимений (особенно первого лица единственного числа), меньше артиклей и больше модальных глаголов в настоящем времени (см. обзор в [4]).

Одно из последних исследований выявило, что служебные слова служат надежным коррелятом

личностных черт, таких как невротичность, экстраверсия, открытость для нового, самоуважение и стремление к социальному доминированию [7].

Для решения заявленной задачи была выполнена трудоемкая процедура грамматической разметки текстов по выделенным параметрам текста и преобразованы показатели соответствующих параметров к векторам чисел (в первую очередь, по показателям частотности слов той или иной категории).

3. Математическая обработка данных. Работы на данном этапе определяются математической постановкой задачи: имеется множество категорий (классов авторов — пол (два подкласса: мужчина/женщина), возраст (2 подкласса: 15—20; 20—30), 10 психологических черт (подклассы: высокая, средняя, низкая выраженность признака): экстраверсия/интроверсия; склонность к скрытой агрессии; феминность/маскулинность и пр.); имеется начальная коллекция размеченных документов, неизвестным является целевая функция (взаимозависимость языковых параметров текста и психофизиологических особенностей личности автора). Для нахождения названной функции необходимо разработать специальную программу, которая бы позволила классифицировать письменные тексты на основе значений выбранных языковых параметров по полу, возрасту и определенным психологическим особенностям авторов текстов (см. подробнее в [3]).

4. Психолингвистическая интерпретация результатов исследования. Названный этап выполнения работ по заявленному проекту является центральным для решения поставленной задачи. Полученные результаты будут представлять собой принципиально новый вариант решения фундаментальной задачи моделирования личности по тексту.

5. Разработка программного комплекса для автоматического диагностирования автора текста. Как один из конечных результатов исследования авторский коллектив видит разработку по материалам исследований *программного комплекса с рабочим названием «Диагност»*, доступного пользователям Интернета.

Данный программный продукт не имеет аналогов в России — программное обеспечение, позволяющее диагностировать те или иные свойства личности по глубинным, неподконтрольным сознанию автора (грамматическим — морфологическим и синтаксическим) параметрам текста для русского языка не разрабатывалось. Разработанные для русского языка программные комплексы позволяют с определенной долей вероятности решить классификационные задачи (является ли N автором данного текста) (Лингвоанализатор) либо определить общую тональность текста (ВААЛ), но не позволяют диагностировать свойства личности его автора.

Программный комплекс, аналогичный предлагаемому в части постановки задач, был разработан для английского языка при финансировании Минобороны США (*Text Attribution Tool*, разработ-

чик — компания *Appen Ltd*) [6], что говорит о значимости поставленной задачи, однако для каждого языка необходимо использовать свои, специфические параметры, тем более что русский язык является языком флективного типа, а английский — языком аналитического типа, таким образом, необходимо использовать совершенно отличный набор языковых параметров.

Разработанный в результате реализации проекта программный комплекс является *продуктом двойного назначения*: с одной стороны, методики установления информации об авторе анонимного или псевдоанонимного текста, в том числе и текста Интернет-коммуникации, будут востребованы в деятельности подразделений Минобороны, МВД, ФСБ; а также могут быть применены для скрытого диагностирования свойств личности в рекрутменте; в маркетинговых исследованиях; при таргетировании Интернет-аудитории поисковиками.

Программные средства, позволяющие с высокой долей вероятности прогнозировать социобиографическую информацию об авторе текста и его психологический профиль, несомненно, будут востребованы пользователями Интернета и позволят в некоторой степени снизить уровень киберпреступлений (мошенничество; разжигание межнациональной розни и пр.), так как дадут пользователю представление о реальных характеристиках своего анонимного собеседника, в том числе уровне его агрессии; вычислить случаи искажения информации о себе в преступных целях. Проиллюстрировать вышесказанное можно на примере речевого поведения педофила, при котором происходит намеренное искажение возраста интернет-пользователя с целью войти в доверие к жертве. Для этого преступник применяет так называемые поверхностные стратегии — использует жаргон подростков, эмодзи, компьютерные термины и пр. Преимущество разрабатываемого нами комплекса в том, что анализируется не лексический уровень, который легко подделать, а глубинный, грамматический, неподконтрольный автору — соотношение частей речи в тексте, использование служебных слов и местоимений, особенности пунктуации и пр.

Как видится, программа сможет диагностировать профиль автора путем вычисления значений лингвистических параметров текста, перевода их в векторную форму (модуль предобработки текста) и их обработки методами машинного обучения на основе степени сходства с параметрами текстов, содержащимися в базе программы, информация об авторах которых достоверно известна. Используется корреляционно-регрессионный анализ данных (аналитический модуль программного комплекса).

Программный комплекс также может помочь *сузить круг подозреваемых* в написании текста угрозы, составив профиль его автора: определив возраст, пол и психологический профиль.

Проект может быть востребован для таргетирования аудитории интернет-пользователей, т. е. их

ранжирования по определенным категориям: полу, возрасту, психологическим особенностям. В настоящее время таргетирование аудитории применяет *Yandex, Rambler* и другие крупнейшие компании, однако данные они берут из открытых источников, но информация, которую дают о себе пользователи, не всегда бывает достоверной, а во многих случаях такой информации нет вовсе, однако большинству компаний требуется знать профиль своих клиентов для того, чтобы давать, к примеру, рекламу для определенной целевой аудитории, в связи с чем крупнейшие поисковые компании стараются разработать эффективные механизмы таргетирования.

Также ПО может помочь проводить более качественный подбор персонала на определенные должности (в частности, сотрудников МЧС России), поскольку, как известно, многие соискатели намеренно искажают результаты традиционных тестов, используемых рекрутерами, для того чтобы произвести положительное впечатление, тогда как задание в виде написания текста на произвольную тему будет для соискателя нетривиальным, к тому же он сосредоточится на содержании текста, тогда как программа анализирует бессознательные (грамматические) его параметры, исказить которые крайне сложно.

Методы и подходы, используемые в проекте, определяются *гипотезой* исследования: в тексте, независимо от его содержания, жанра, целевой установки и пр., на уровне формальных признаков, неподконтрольных сознанию (на грамматическом уровне), независимо от желания автора отражаются его личностные параметры (пол, возраст, психологические особенности).

Планируется использование как *традиционных лингвистических методов* (контекстуального анализа, компонентного анализа, структурно-грамматического анализа), так и *современных методов* компьютерной лингвистики, математического анализа (методы машинного обучения), матстатистики, теории распознавания образов, вычислительного эксперимента и искусственного интеллекта, что позволит впервые в отечественной лингвистике установить системные корреляции между параметрами текста, неподконтрольными сознанию (на уровне морфологии и синтаксиса), и психофизиологическими характеристиками личности. Полученные результаты позволят по-новому посмотреть на проблему взаимосвязи личности и языка.

Предполагается как использование традиционных программных средств, используемых в корпусной лингвистике (грамматических, синтаксических анализаторов), так и разработка по итогам проекта специальной программы-анализатора для автоматического установления характеристик автора письменного текста, которая будет доступна для пользователей Интернета, с использованием методов объектно-ориентированного программирования.

1. **Загоровская, О. В.** Электронный корпус студенческих эссе на русском языке и его возможности для современных гуманитарных исследований / О. В. Загоровская, Т. А. Литвинова, О. А. Литвинова // Мир науки, культуры и образования. — 2012. — № 3. — С. 387–389.
2. **Литвинова, Т. А.** Лингвистические основы неидентификационной судебно-автороведческой экспертизы / Т. А. Литвинова // Вестник Челябинского гос. ун-та. Сер.: Филология. Искусствоведение. — 2012. — № 20 (274). Филология. Искусствоведение. Вып. 67. — С. 74–78.
3. **Литвинова, Т. А.** Языковые корреляты личностных особенностей автора письменного текста: алгоритм исследования / Т. А. Литвинова // В мире научных открытий. Сер.: Проблемы науки и образования. — 2012. — № 3. — С. 236–254.
4. **Литвинова, Т. А.** Возможности анализа дейктических единиц для установления характеристик автора письменного текста / Т. А. Литвинова // Коммуникативные аспекты современной лингвистики и лингводидактики: сб. ст. по материалам междунар. конф. / ВолГУ; ВолГСПУ. — Волгоград, 2012. — С. 232–238.
5. **Литвинова, Т. А.** Установление характеристик (профилирование) автора письменного текста / Т. А. Литвинова // Филологические науки. Вопросы теории и практики. — 2012. — № 2 (13). — С. 90–94.
6. TAT: An Author Profiling Tool with Application to Arabic Emails / D. Estival [et al.] // Proceedings of the Australasian Language Technology Workshop. — 2007. — P. 21–30.
7. Automatically Profiling the Author of an Anonymous Text / Argamon Sh. [et al.] // Communications of the ACM. — 2009. — Vol. 52, Issue 2. — P. 119–123.

1. **Zagorovskaja, O. V.** Ehlektronnyj korpus studentcheskikh ehse na russkom jazyke i ego vozmozhnosti dlja sovremennykh gumanitarnykh issledovanij / O. V. Zagorovskaja, T. A. Litvinova, O. A. Litvinova // Mir nauki, kul'tury i obrazovanija. — 2012. — № 3. — S. 387—389.
2. **Litvinova, T. A.** Lingvisticheskie osnovy neidentifikacionnoj sudebno-avtorovedcheskoj ehkspertizy / T. A. Litvinova // Vestnik Cheljabinskogo gos. un-ta. Ser.: Filologija. Iskusstvovedenie. — 2012. — № 20 (274). Filologija. Iskusstvovedenie. Vyp. 67. — S. 74—78.
3. **Litvinova, T. A.** Jazykovye korreljaty lichnostnykh osobennostej avtora pis'mennogo teksta: algoritm issledovanija / T. A. Litvinova // V mire nauchnykh otkrytij. Ser.: Problemy nauki i obrazovanija. — 2012. — № 3. — S. 236—254.
4. **Litvinova, T. A.** Vozmozhnosti analiza dejkticheskikh edinic dlja ustanovlenija kharakteristik avtora pis'mennogo teksta / T. A. Litvinova // Kommunikativnye aspekty sovremennoj lingvistiki i lingvodidaktiki: sb. st. po materialam mezhdunar. konf. / VolGU; VolGSPU. — Volgograd, 2012. — S. 232—238.
5. **Litvinova, T. A.** Ustanovlenie kharakteristik (profilirovanie) avtora pis'mennogo teksta / T. A. Litvinova // Filologicheskie nauki. Voprosy teorii i praktiki. — 2012. — № 2 (13). — S. 90—94.
6. TAT: An Author Profiling Tool with Application to Arabic Emails / D. Estival [et al.] // Proceedings of the Australasian Language Technology Workshop. — 2007. — P. 21—30.
7. Automatically Profiling the Author of an Anonymous Text / Argamon Sh. [et al.] // Communications of the ACM. — 2009. — Vol. 52, Issue 2. — P. 119—123.

PROFILING THE AUTHOR OF A TEXT AS ONE OF STRATEGIC DIRECTIONS OF RESEARCH²

T. A. Litvinova

PhD in Philology, Voronezh State Pedagogical University,
e-mail: tanjalitvinova@rambler.ru

N. N. Lantukhova

PhD student, Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
e-mail: lnn81@mail.ru

Ye. S. Ryzhkova

PhD student, Voronezh State Pedagogical University,
e-mail: ryzhkowa.katerina@yandex.ru

I. S. Shevchenko

PhD student, Voronezh State Pedagogical University,
e-mail: lirishechka@mail.ru

The authors try to solve the problem of profiling the authors of anonymous text as one of strategic research areas and describe the stages of solution of the problem. Special attention is paid to the development of the program complex which may be used, in particular, as an additional tools for psychological profiling of people which are going to join up in the EMERCOM of Russia.

Keywords: language personality; psycholinguistics; corpus linguistics; personality; speaking activity; mathematical linguistics.

² Авторы выражают глубокую признательность Российскому фонду фундаментальных исследований (проект 13-06-00016 «Моделирование личности автора письменного текста»), Российскому гуманитарному научному фонду (проект 13-14-36001 «Речевой портрет воронежских студентов (на материале электронного корпуса текстов "Россия и мир глазами воронежских студентов")») за финансовую поддержку исследований.

ТЕРМИН: ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОНЯТИЯ И ЕГО СУЩНОСТНЫЕ ПРИЗНАКИ

Н. Н. Лантюхова, О. В. Загоровская, Т. А. Литвинова

Определено место терминов в лексической системе языка и соотношение термина и общеупотребительного слова. Выявлены лингвистические особенности терминологической лексики.

Ключевые слова: термин, язык, дефиниция, терминология.

Понятия термина и терминологии являются ключевыми в науке; термин обеспечивает точность, ясность и понимание научной мысли. Однако несмотря на важнейшее место этих понятий в системе научных знаний и большое количество исследований, до сих пор нет единого мнения по целому ряду основополагающих вопросов терминоведения: так, нет общепризнанного определения термина, ведутся дискуссии о требованиях, предъявляемых к термину, его грамматической выраженности, не решен вопрос о месте терминологии в составе языка и т. д.

В настоящей работе мы рассмотрим существующие мнения о месте термина в составе языка, определим его важнейшие признаки и исходя из этого попытаемся дать определение этого понятия.

Терминология составляет часть специальной лексики, к которой относят слова и словосочетания, называющие предметы и понятия различных сфер профессиональной деятельности человека и не являющиеся общеупотребительными. Всестороннее изучение специальной лексики как основной составляющей языка для специальных целей начинается в XX в. Терминология как важнейшая часть специальной лексики активно исследуется с начала 20 века. Становится очевидным, что это особая область лексики, система, организованная по своим законам и требующая своих методов и приемов изучения.

Несмотря на большое количество исследований, посвященных терминам (см. работы Г. О. Винокура, А. А. Реформатского, Д. С. Лотте, Б. Н. Головина, В. М. Лейчика, В. П. Даниленко, О. В. Загоровской, Т. Л. Канделаки, А. А. Суперанской, С. В. Гринева, Л. А. Капанадзе, А. С. Герда, С. Д. Шелова

и многих других), одной из главных проблем осмысления и изучения термина как лингвистической категории в современной отечественной лингвистике является его определение. За время изучения особенностей термина и терминологии накопилось значительное количество определений понятия «термин». А. В. Суперанская объясняет существование разнообразных трактовок понятия «термин» прежде всего тем фактом, что «...у представителей разных дисциплин оно связывается со своими особыми понятиями и представлениями, имеет неравный объем содержания и определяются по-своему» [14, с. 11].

Однако во всех логических определениях термина на первое место выдвигается его связь с понятием [10]. Ср.: «Термины — это слова специальные, ограниченные своим особым назначением; слова, стремящиеся быть однозначными как точное выражение понятий и называние вещей» [13, с. 110]; «термин — это слово (или словосочетание), языковой знак которого соотносен (связан) с соответствующим понятием в системе понятий данной области науки и техники» [8, с. 35]; «термин — слово или словосочетание специального (научного, технического и т. п.) языка, создаваемое (принимаемое, заимствуемое и т. п.) для точного выражения специальных понятий и обозначения специальных предметов» [1, с. 474]; «термин — это слово (или словосочетание), являющееся единством звукового знака и соотношенного (связанного) с ним соответствующего понятия в системе понятий данной области науки и техники» [11, с. 19–20].

Таким образом, на основании изложенного способность термина к обозначению определенного научного понятия мы считаем его важнейшим признаком: «для термина именуемое понятие одновременно и есть именуемый объект, т. е. доминирует связь «имя-понятие». За термином всегда стоит предмет мысли, но не мысли вообще, а специальной мысли, ограниченной определенным полем» [14, с. 34].

Многочисленные споры вызывает также и проблема определения места терминологии в составе языка. Существует две основных точки зрения на этот вопрос: сторонники нормативного подхода (Д. С. Лотте, Л. А. Капанадзе, Н. З. Котелова, Е. Н. Толикина, А. В. Косов и др.), выводя терминологию из состава общенационального языка, прихо-

Лантюхова Наталья Николаевна, аспирант, Воронежский институт ГПС МЧС России, e-mail: lnn81@mail.ru

Загоровская Ольга Владимировна, д-р филол. наук, проф., Воронежский государственный педагогический университет, e-mail: olzagor@yandex.ru

Литвинова Татьяна Александровна, канд. филол. наук, Воронежский государственный педагогический университет, e-mail: tanjalitvinova@rambler.ru

© Лантюхова Н. Н., Загоровская О. В., Литвинова Т. А., 2013

дят к выводу об искусственности термина как специальной единицы и рассматривают терминологию как систему искусственно созданных знаков, к термину предъявляются такие требования, как фиксированное содержание (определенность), точность, однозначность, отсутствие синонимов, краткость и др., другие ученые — сторонники дескриптивного подхода (Н. П. Кузькин, А. И. Моисеев, Р. А. Будагов, Р. Ю. Кобрин, В. П. Даниленко, Б. Н. Головин и др.) — признают терминологию составной частью лексики литературного языка, они по сути отказываются от ограничения термина какими-либо формальными требованиями, подчеркивая необходимость изучения реальных процессов функционирования терминологии. По словам Г. О. Винокура, «термины — это не особые слова, а только слова в особой функции... В роли термина может выступать всякое слово, как бы оно не было тривиально» [2, с. 5]. Как отмечает В. П. Даниленко, «терминология расценивается как подсистема общелитературного языка, т. е. терминология находится в пределах общелитературного языка, но на правах самостоятельного «сектора». Такое «административно-территориальное» положение терминологии обуславливает, с одной стороны, обязательность для нее общих тенденций развития общелитературного языка, с другой стороны, известную свободу, самостоятельность в развитии терминологии и даже возможность влияния ее на развитие общелитературного языка» [4, с. 11].

В настоящее время дескриптивный подход является наиболее признанной в специальных исследованиях теорией. Однако присущие и этой теории недостатки (например, отсутствие общепринятого определения термина), спорные и неразработанные аспекты (нормативный характер терминологии, ее специфичность по отношению к общему языку) породили и другие теории. Это, например, концепция «языкового субстрата», предложенная В. М. Лейчиком, в соответствии с которой термин представляет собой «сложное трехслойное образование, включающее а) естественно-языковой субстрат — материальный (звуковой или графический) компонент структуры термина, а также идеальный (семантический) компонент этой структуры, определяемые принадлежностью термина к лексической системе того или иного естественного языка; б) логический суперстрат, то есть содержательные признаки, позволяющие термину обозначать общее — абстрактное или конкретное понятие в системе понятий; в) терминологическую сущность, то есть содержательные и функциональные признаки, позволяющие термину выполнять функции элемента теории, описывающей определенную специальную сферу человеческих знаний или деятельности» [10, с. 7]. Также в числе альтернативных теорий можно назвать точку зрения А. В. Суперанской и ее последователей: занимающая в понимании сущности термина позицию, в некоторых чертах схожую с точкой зрения сторонников дескриптивного подхода (например, признавая суще-

ствование полисемии, синонимов и антонимов, многокомпонентных терминов, выраженность терминов разными частями речи и др.), она считает, что «терминология образует автономный раздел лексики национального языка, имеющий мало общего с литературным языком, ...самостоятельную зону со своими закономерностями, порой не согласующимися с нормами литературного языка», а значение отдельного термина раскрывается лишь в системе понятий [14, с. 17—18].

Кроме соотнесенности термина с понятием, в современном терминоведении выделяется ряд других важных требований, которым должен соответствовать термин: однозначность, точность, соответствие нормам литературного языка, краткость, отсутствие эмоциональности и экспрессивности, мотивированность, системность и др. Указанные условия представляют собой требования к термину в идеале, однако на практике обнаруживаются термины, которые им не соответствуют, однако успешно обслуживают понятийные цели. Таким образом, вопрос об обязательности тех или иных требований остается в настоящее время весьма дискуссионным.

Например, требование однозначности опровергается при изучении конкретных терминосистем, где полисемия является весьма распространенным явлением (см., например, [6; 12]). Сегодня доминирует мнение, что однозначность термина это не обязательное условие, а лишь тенденция, состояние, к которому стремится любая терминосистема; на практике же однозначность термина достигается «благодаря тем ограничениям, которые накладывают на него условия каждого терминологического поля» [15, с. 130]. Однако необходимо отметить, что во многих случаях даже в пределах одного терминологического поля термин может иметь не одно, а несколько лексических значений, поскольку значение термина определяется, с одной стороны, объективным содержанием соответствующего понятия, с другой стороны, определенным субъективным началом, которое привносится исследователем с целью уточнения границ содержания специального понятия, обозначаемого термином [5, с. 58].

Спорным является и требование точности. На наш взгляд, наиболее правомерной является точка зрения ученых, считающих, что точность термина достигается прежде всего точностью терминопотребления. Очевидно, неточность, расплывчатость значения бывает характерна для терминов в период становления или переосмысления.

В числе требований, предъявляемым к термину, называют и соответствие термина нормам литературного языка, орфоэпическим, лексическим, словообразовательным, грамматическим, орфографическим. Однако нельзя не отметить, что любой профессиональный язык в процессе своего функционирования может приобретать некоторые грамматические, стилистические и другие особенности, что нередко приводит к возникновению в специальной сфере общения профессионализмов. Таким об-

разом, на наш взгляд, необходимо ограничивать лексические единицы, представляющие собой профессиональный вариант нормы, от слов, не отвечающих правилам литературного языка или выходящих за его пределы.

Требование краткости также нельзя считать обязательным. Более того, требование краткости может противоречить требованиям точности и системности [3; 5; 9]. Как справедливо указывает А. В. Суперанская, «термин не есть обиходное слово, и точность в нем важнее краткости. В связи с этим нельзя рассматривать многословность термина как его недостаток. Если какое-либо понятие обозначено с помощью фразы, состоящей из группы хорошо согласующихся друг с другом слов, это и обеспечивает системность термина, и показывает связь данного понятия с другими» [14, с. 131].

Требование мотивированности, то есть «семантической прозрачности, позволяющей составить представление о называемом термином понятии» [3, с. 34], также неоднозначно. Как правило, в качестве наиболее важного выражения мотивированности термина отмечается его систематичность, т. е. возможность отражения в структуре термина связи называемого понятия с другими понятиями и места этого понятия в данной понятийной системе. Однако большинство исследователей соглашались с тем, что этот критерий не играет решающей роли, поскольку термин все равно имеет дефиницию и занимает определенное место в системе. «В разных языках мотивировка слова, относящегося к одному и тому же предмету, может быть различной. Например, русское слово «белье» мотивировано цветом (белый), англ. linen — исходным сырьем (лен), немецкое Wäsche — основным признаком (стираемое). Ассоциации, послужившие первичной мотивировке могут сохраняться и в дальнейшем, оно могут они и меняться, и совсем исчезнуть в процессе функционирования в речи. Так, русское выражение «цветное белье» ...свидетельствует о полной утрате этим словом своей изначальной мотивировки» [14, с. 89].

Такой критерий термина, как внедренность означает предпочтение при составлении терминологических рекомендаций более широко распространенных терминов.

Еще одним вопросом, вызывающим масштабные дискуссии в современной лингвистике, является вопрос о грамматической выраженности терминов. По мнению целого ряда исследователей (Г. О. Винокура, Н. А. Щегловой, А. А. Реформатского, О. С. Ахмановой и др.), термин может быть выражен только существительным или словосочетанием на базе существительного. Положение о под-

черкнутой номинативности термина опровергалось многими учеными (С. Д. Шеловым, И. Г. Кожевниковой, Ю. Б. Жидковой, В. П. Даниленко, А. В. Суперанской и др.). В настоящее время считается, что терминами могут быть имена существительные, глаголы, прилагательные, наречия и другие части речи. Термины, выраженные именами прилагательными, наречиями и причастиями, переходят, как правило, в разряд терминологических — составных частей словосочетания, однако это не исключает их использования в функции терминов в текстах специальной литературы и в профессиональной коммуникации. С. Д. Шелов утверждает, что «в терминологическом словаре, ориентированном на понятийную, семантическую систему данной области знания, нет необходимости иметь «на входе» во что бы то ни стало именные формы ... достаточно определить лишь ту форму терминологического выражения, которая требует своей дефиниции в данной предметной области. Поэтому в некоторых терминологических словарях входной формой подачи термина является та часть речи, которая непосредственно встречается в дефиниционном контексте... Таким образом, тезис о том, что термин — это всегда либо существительное, либо субстантивное словосочетание, вряд ли может быть принят для установления языковой специфики термина» [16, с. 18—20].

Таким образом, обобщая изложенное и разделяя точку зрения ряда других ученых, мы понимаем под *термином* слово или словосочетание, соотношенное со специальным понятием, явлением или предметом в системе какой-либо области знания. Важнейшими признаками терминологических языковых единиц мы считаем прежде всего соотношенность с определенным научным понятием, точность и системность. Требования же однозначности и краткости, на наш взгляд, не могут рассматриваться как обязательные для современных терминологических единиц, так как многие терминологические номинации нередко оказываются полисемантическими и многокомпонентными.

Мы считаем терминологию составной частью лексики литературного языка, самостоятельной, но не обособленной, что подразумевает подчиненность терминологии общим тенденциям развития литературного языка с одной стороны, но и некоторую независимость с другой. Функция ученого нам видится в большей степени в изучении и описании состояния терминологических систем, чем в жестком искусственном их регулировании; нормативные ограничения, накладываемые на термины, на наш взгляд, скорее замедляют, ограничивают развитие терминосистем, чем помогают им.

Библиографический список

1. Ахманова, О. С. Словарь омонимов русского языка / О. С. Ахманова. — 3-е изд., стереотип. — М.: Рус. яз., 1986. — 448 с.
2. Винокур, Г. О. О некоторых явлениях словообразования в русской технической терминологии / Г. О. Ви-

References

1. Akhmanova, O. S. Slovar' omonimov russkogo jazyka / O. S. Akhmanova. — 3-e izd., stereotip. — M.: Rus. jaz., 1986. — 448 s.
2. Vinokur, G. O. O nekotorykh javlenijakh slovoobrazovanija v russkoj tehničeskoj terminologii / G. O. Vino-

нокур // Тр. Московского ин-та истории, философии и литературы: сб. ст. по языковедению. — М., 1939. — С. 3–54.

3. **Гринев-Гриневиц, С. В.** Терминоведение: учеб. пособие / С. В. Гринев-Гриневиц. — М.: Академия, 2008. — 303 с.

4. **Даниленко, В. П.** Лексико-семантические и грамматические особенности слов-терминов / В. П. Даниленко // Исследования по русской терминологии: сб. ст. — М.: Наука, 1971. — С. 7–67.

5. **Даниленко, В. П.** Русская терминология: опыт лингвистического описания / В. П. Даниленко. — М.: Наука, 1977. — 243 с.

6. **Данькова, Т. Н.** Русская терминология растениеводства: история становления и современное состояние: дис. ... д-ра филол. наук: 10.02.01 / Данькова Татьяна Николаевна. — Воронеж, 2010. — 426 с.

7. **Загоровская, О. В.** Термин и терминология / О. В. Загоровская, Т. Н. Данькова. — Воронеж: Научная книга, 2011. — 136 с.

8. **Климовицкий, Я. А.** Некоторые методологические вопросы работы над терминологией науки и техники / Я. А. Климовицкий // Современные проблемы терминологии в науке и технике: сб. ст. — М.: Наука, 1969. — С. 32–61.

9. **Кожевникова, И. Г.** Русская спортивная лексика: (структурно-семантическое описание) / И. Г. Кожевникова. — Воронеж: Изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2002. — 264 с.

10. **Лейчик, В. М.** Терминоведение: предмет, методы, структура / В. М. Лейчик. — изд. 3-е. — М.: Изд-во ЛКИ, 2007. — 256 с.

11. **Лингвистические проблемы научно-технической терминологии.** — М.: Наука, 1970. — 229 с.

12. **Немченко, В. Н.** Полисемия научных терминов и ее отражение в терминологическом словаре / В. Н. Немченко // Термины в языке и речи: межвуз. сб. — Горький: Изд-во ГГУ им. Н. И. Лобачевского, 1984. — С. 16–24.

13. **Реформатский, А. А.** Введение в языковедение: учеб. для филол. фак. пед. ин-тов / А. А. Реформатский. — 4-е изд-е, испр. и доп. — М.: Просвещение, 1967. — 542 с.

14. **Суперанская, А. В.** Общая терминология: вопросы теории / А. В. Суперанская, Н. В. Подольская, Н. В. Васильева. — 6-е изд. — М.: Либроком, 2012. — 248 с.

15. **Суперанская, А. В.** Общая терминология: терминологическая деятельность / А. В. Суперанская, Н. В. Подольская, Н. В. Васильева. — 2-е изд. — М.: Редакционный УРСС, 2005. — 288 с.

16. **Шелов, С. Д.** Термин. Терминологичность. Терминологические определения / С. Д. Шелов. — СПб.: Филол. фак. СПбГУ, 2003. — 280 с.

kur // Tr. Moskovskogo in-ta istorii, filosofii i literatury: sb. st. po jazykovedeniju. — M., 1939. — S. 3–54.

3. **Grinev-Grinevich, S. V.** Terminovedenie: ucheb. posobie / S. V. Grinev-Grinevich. — M.: Akademija, 2008. — 303 s.

4. **Danilenko, V. P.** Leksiko-semanticheskie i grammaticheskie osobennosti slov-terminov / V. P. Danilenko // Issledovanija po russkoj terminologii: sb. st. — M.: Nauka, 1971. — S. 7–67.

5. **Danilenko, V. P.** Russkaja terminologija: opyt lingvisticheskogo opisanija / V. P. Danilenko. — M.: Nauka, 1977. — 243 s.

6. **Dan'kova, T. N.** Russkaja terminologija rastenievodstva: istorija stanovlenija i sovremennoe sostojanie: dis. ... d-ra filol. nauk: 10.02.01 / Dan'kova Tat'jana Nikolaevna. — Voronezh, 2010. — 426 s.

7. **Zagorovskaja, O. V.** Termin i terminologija / O. V. Zagorovskaja, T. N. Dan'kova. — Voronezh: Nauchnaja kniga, 2011. — 136 s.

8. **Klimovickij, Ja. A.** Nekotorye metodologicheskie voprosy raboty nad terminologiej nauki i tekhniki / Ja. A. Klimovickij // Sovremennye problemy terminologii v nauke i tekhnike: sb. st. — M.: Nauka, 1969. — S. 32–61.

9. **Kozhevnikova, I. G.** Russkaja sportivnaja leksika: (strukturno-semanticheskoe opisanie) / I. G. Kozhevnikova. — Voronezh: Izd-vo Voronezh. gos. un-ta, 2002. — 264 s.

10. **Lejjchik, V. M.** Terminovedenie: predmet, metody, struktura / V. M. Lejjchik. — izd. 3-e. — M.: Izd-vo LKI, 2007. — 256 s.

11. **Lingvisticheskie problemy nauchno-tekhnicheskij terminologii.** — M.: Nauka, 1970. — 229 s.

12. **Nemchenko, V. N.** Polisemija nauchnykh terminov i ee otrazhenie v terminologicheskom slovare / V. N. Nemchenko // Terminy v jazyke i rechi: mezhvuz. sb. — Gor'kij: Izd-vo GGU im. N. I. Lobachevskogo, 1984. — S. 16–24.

13. **Reformatskij, A. A.** Vvedenie v jazykovedenie: ucheb. dlja filol. fak. ped. in-tov / A. A. Reformatskij. — 4-e izd-e, ispr. i dop. — M.: Pro-sveshhenie, 1967. — 542 s.

14. **Superanskaja, A. V.** Obshhaja terminologija: voprosy teorii / A. V. Superanskaja, N. V. Podol'skaja, N. V. Vasil'eva. — 6-e izd. — M.: Librokom, 2012. — 248 s.

15. **Superanskaja, A. V.** Obshhaja terminologija: terminologicheskaja dejatel'nost' / A. V. Superanskaja, N. V. Podol'skaja, N. V. Vasil'eva. — 2-e izd. — M.: Editorial URSS, 2005. — 288 s.

16. **Shelov, S. D.** Termin. Terminologichnost'. Terminologicheskie opredelenija / S. D. Shelov. — SPb.: Filol. fak. SPbGU, 2003. — 280 s.

TERM: DEFINITION AND ITS ESSENTIAL FEATURES

N. N. Lantyukhova

PhD student, Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
e-mail: Inn81@mail.ru

O. V. Zagorovskaya

D. Sc. in Philology, Prof., Voronezh State Pedagogical University,
e-mail: olzagor@yandex.ru

T. A. Litvinova

PhD in Philology, Voronezh State Pedagogical University,
e-mail: tanjalitvinova@rambler.ru

A place of terms in a lexical system of language and correlation of a term and a word in general use were determined. Linguistic features of terminological lexicon were revealed.

Keywords: term, language, definition, terminology.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОТБОРА ПЕРСОНАЛА В СИСТЕМЕ ФЕДЕРАЛЬНОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ

О. М. Лебедев

В статье приводится адаптированная к специфике федеральной противопожарной службы воронка отбора кандидатов на вакансии начальствующего состава. Рассмотрены некоторые аспекты использования стрессовой методика при проведении первичного интервью штатным психологом.

Ключевые слова: отбор кандидатов, стрессовая методика, первичное интервью.

В сфере менеджмента персонала большинство авторов на сегодняшний день выделяют девять основных направлений деятельности [2]:

- 1) кадровое планирование;
- 2) поиск и отбор кадров;
- 3) адаптация новых работников;
- 4) анализ работы и нормирование труда;
- 5) система стимулирования труда;
- 6) обучение и развитие персонала;
- 7) оценка работы персонала;
- 8) внутриорганизационные назначения работников;

9) формирование и поддержание организационной культуры.

Наряду с большим значением всех из вышеперечисленных особая роль при работе с кадрами в системе федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы МЧС России, безусловно, отводится разработке и совершенствованию системы отбора кандидатов на вакансию.

Перечень, содержание и очередность этапов отбора кандидатов определены «Инструкцией о порядке отбора граждан на службу (работу) в федеральную противопожарную службу Государственной противопожарной службы» [3].

Для исключения влияния личностных характеристик сотрудников кадрового органа, осуществляющих рекрутмент персонала, назрела острая необходимость не только четкого структурирования всей процедуры отбора и закрепления жесткой очередности проводимых мероприятий для снижения потери времени при работе с заведомо не соответствующими предъявляемым требованиям кандидатами, но и конкретизации способов проведения первичного интервью.

Нами разработана структура воронки отбора применительно к специфике деятельности федеральной противопожарной службы (рис.)



Рис. Предлагаемая воронка отбора на должности начальствующего состава в системе ФПС МЧС России

Лебедев Олег Михайлович,
Воронежский институт ГПС МЧС России,
тел.: 8-951-856-61-89; e-mail: lebedevol1@yandex.ru

Ключевым моментом здесь является сам способ проведения собеседования; в общем виде они классифицируются следующим образом [1]:

- 1) интервью по компетенциям;
- 2) тестирование;
- 3) стресс-собеседование;
- 4) групповое собеседование.

Учитывая специфику выполняемых начальствующим составом задач, наиболее оптимальной в данном случае была бы стрессовая методика проведения первичного интервью штатным психологом отдела воспитательной работы территориального органа МЧС России по субъекту Российской Федерации. При проведении первичной беседы инспектором отдела кадров наиболее целесообразной является процедура интервью по компетенциям.

Библиографический список

1. **Батурина, О.** Испытание стрессом / О. Батурина // Кадровик. ру. — 2008. — № 1 (14). — С. 70—73.
2. **Магура, М. И.** Поиск и отбор персонала / М. И. Магура. — Изд-е 3, перераб. и доп. — М.: ЗАО «Бизнес-школа «Интел-Синтез», 2003. — 315 с.
3. **Инструкция** о порядке отбора граждан на службу (работу) в федеральную противопожарную службу Государственной противопожарной службы: прил. к приказу МЧС РФ от 11 ноября 2009 г. № 626. — Бюл. нормативных актов федер. органов исполнит. власти. — 2010. — № 12, 22 марта 2010 г., рег. номер 16097.

SOME ASPECTS OF PERSONNEL SELECTION

IN FEDERAL FIRE SERVICE EMERGENCY SITUATIONS RUSSIA

O. M. Lebedev

Voronezh Institute of State Fire Service of EMERCOM of Russia,
tel.: 8-951-856-61-89; e-mail: lebedevol1@yandex.ru

In article adapted to the specifics of the Federal Fire Service funnel selection of candidates for junior officers of the vacancy and the use of stress techniques during the initial interview with a staff psychologist.

Keywords: candidate selection, technique of stress, initial interview.

References

1. **Baturina, O.** Ispytanie stressom / O. Baturina // Kadrovik. ru. — 2008. — № 1 (14). — S. 70—73.
2. **Magura, M. I.** Poisk i otbor personala / M. I. Magura. — Izd-e 3, pererab. i dop. — M.: ZAO «Biznes-shkola «Intel-Sintez», 2003. — 315 s.
3. **Instrukcija** o porjadke otbora grazhdan na sluzhbu (rabotu) v federal'nuju protivopozharnuju sluzhbu Gosudarstvennoj protivopozharnoj sluzhby: pril. k prikazu MChS RF ot 11 nojabrja 2009 g. № 626. — Bjul. normativnykh aktov feder. organov ispolnit. vlasti. — 2010. — № 12, 22 marta 2010 g., reg. nomer 16097.

КНИЖНЫЕ НОВИНКИ

Сборник задач по физике для подготовки инженеров пожарной безопасности. Ч. III. Оптика. Квантовая природа излучения. Атомная физика: учеб. пособие / Ю. В. Спичкин [и др.]. — Воронеж: ВИ ГПС МЧС России, 2012. — 173 с.

Предлагаемые задачи сгруппированы по степени трудности: от самых простых до задач, требующих углубленных знаний общего курса физики. В издании приведены необходимые для решения задач математические со-

отношения, основные физические константы и справочные таблицы.

Учебное пособие предназначено для курсантов и слушателей образовательных учреждений МЧС России, может быть полезно специалистам, работа которых связана с защитой в чрезвычайных ситуациях.

Авторский коллектив:

Ю. В. Спичкин, А. С. Соловьев, А. В. Калач,
А. Б. Плаксицкий, А. В. Некрасов, С. А. Бабкин,
А. Н. Шуткин