НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ

PROBLEMS OF TECHNOSPHERE RISK MANAGEMENT

№ 2 (14) – 2010

Редакционный совет

Председатель – доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники генерал-лейтенант внутренней службы **Артамонов Владимир Сергеевич**, начальник университета.

Заместитель председателя – доктор юридических наук, профессор, заслуженный юрист Российской Федерации **Уткин Николай Иванович**, заместитель начальника университета по научной работе.

Члены редакционного совета:

кандидат технических наук генерал-полковник внутренней службы **Чуприян Александр Петрович**, заместитель министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

кандидат социологических наук генерал-полковник **Кириллов Геннадий Николаевич**, главный государственный инспектор Российской Федерации по пожарному надзору;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Грачев Евгений Васильевич**, профессор кафедры механики и инженерной графики;

доктор технических наук, профессор полковник внутренней службы **Галишев Михаил Алексеевич,** профессор кафедры исследований и экспертизы пожаров;

доктор экономических наук, профессор **Ачба Любовь Викторовна**, профессор кафедры финансово-хозяйственной деятельности;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Гадышев Виктор Александрович,** советник начальника Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Ложкин Владимир Николаевич**, профессор кафедры пожарной, аварийно-спасательной техники и автомобильного хозяйства;

доктор технических наук, профессор **Малыгин Игорь Геннадьевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

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

доктор экономических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Попов Александр Иванович**, профессор кафедры гуманитарно-социальных дисциплин;

доктор экономических наук, профессор **Сергеева Ирина Григорьевна**, профессор кафедры финансово-хозяйственной деятельности;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Сметанин Юрий Владимирович**, профессор кафедры высшей математики и системного моделирования сложных процессов;

доктор экономических наук, профессор **Ильинский Игорь Валерьянович**, профессор кафедры гуманитарно-социальных дисциплин;

доктор технических наук, профессор **Таранцев Александр Алексеевич**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Куватов Валерий Ильич,** профессор кафедры автоматики и сетевых технологий;

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

доктор технических наук, профессор **Чешко Илья Данилович**, профессор кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований;

доктор технических наук, профессор **Пусь Вячеслав Васильевич**, профессор кафедры экономики и менеджмента;

доктор медицинских наук, профессор **Алексанин Сергей Сергеевич**, директор Всероссийского центра экстренной и радиационной медицины им. А. М. Никифорова МЧС России;

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

кандидат физико-математических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Звонов Валерий Степанович**, профессор кафедры физики и теплообмена.

Секретарь совета:

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

Редакционная коллегия

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

кандидат юридических наук подполковник внутренней службы **Доильницын Алексей Борисович**, заместитель начальника университета по правовой и воспитательной работе;

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

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, технический редактор объединённой редакции редакционного отдела;

кандидат технических наук, профессор **Фомин Александр Викторович**, профессор кафедры организации деятельности надзорных органов;

доктор педагогических наук, профессор полковник внутренней службы **Грешных Антонина Адольфовна**, начальник факультета подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров;

доктор экономических наук, профессор **Иванов Сергей Александрович**, профессор кафедры экономики и менеджмента;

кандидат технических наук, доцент майор внутренней службы **Шидловский Александр Леонидович,** начальник кафедры практической подготовки сотрудников пожарно-спасательных формирований;

кандидат технических наук, доцент **Маловечко Владимир Александрович,** доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств;

кандидат технических наук, доцент подполковник внутренней службы **Хорошилов Олег Анатольевич,** докторант кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств;

кандидат педагогических наук, доцент **Щаблов Николай Николаевич**, профессор кафедры философии и социальных наук.

Секретарь коллегии:

лейтенант внутренней службы **Дмитриева Ирина Владимировна**, ответственный секретарь объединённой редакции редакционного отдела.

Журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» включен в Реферативный журнал и базы данных ВИНИТИ РАН.

Сведения о журнале ежегодно публикуются в Международной справочной системе по периодическим и продолжающимся изданиям «Uberich's Periodicals Directory».

Решением ВАК журнал включен в перечень периодических научных и научно-технических изданий, в которых рекомендуется публикация материалов учитывающихся при защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

Периодичность издания журнала – ежеквартальная

СОДЕРЖАНИЕ

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Таранцев А.А., Новоселов Р.Н., Родичев А.Ю. Высотные здания и их пожарная опасность…… 6

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Лаврухин С.А., Иванов А.Н., Поляков А.С. Адекватность и практическое применение моделей опасности подземных переходов нефтепродуктопроводов через автомобильные дороги…… ... 13

Полухин О.В., Бельшина Ю.Н., Дементьев Ф.А. Применение метода рентгенофлуоресцентной спектроскопии для мониторинга микроэлементов почвы при анализе чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазового комплекса…….. 18

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧС

Федоров А.В., Лукьянченко А.А., Ломаев Е.Н. Научные основы автоматизации обнаружения полей взрывоопасных концентраций……. 22

Минаев В.А., Фаддеев А.О., Данилов Р.М. Построение системы управления геодинамическим риском в территориальных социально-экономических системах…….. 36

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

Мисевич Ю.В., Шилин К.Ю. Оценка гидравлического быстродействия систем противопожарного водоснабжения……..…… 51

Хорошилов О.А., Киселев Я.С., Турсенев С.А. Результаты исследования активности поверхности дисперсных твердых самонагревающихся материалов на нано-уровне макрометодом дифференцированного окисления…… 56

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

Абрамян Г.А., Крутолапов А.С. Структурная декомпозиция сети информационного обмена ГПС МЧС России…….. 67

Сычев Д.А., Ивахнюк Г.К. Моделирование процесса обмена информацией при передаче данных в системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций…….. 71

Пусь В.В. Инвариантный прием последовательных многочастотных сигналов I… 75

Медведева Л.В., Сугак В.П. Компьютерное моделирование теплофизических процессов в оценке аварийных рисков ограждающих конструкций……. 83

Иванов А.Ю., Панов А.А. Поиск источников угроз безопасности в информационных системах…… 91

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Федораев С.В. Инновационный потенциал: содержание, структура, методика оценки…….. 97

Пригульный А.Г. Интернационализация инновационных процессов: глобальное регулирование и нивелирование рисков…… 105

Полынцов С.А., Багиев Г.Л. Управление предпринимательскими рисками в современных условиях: концептуальные подходы и стратегические задачи……..... 111

ОХРАНА ТРУДА

Митрофанова Л.А. Устойчивое развитие водного туризма на Балтике как фактор снижения экологической опасности……..……. 121

Солнцев В.О. Диагностика и формирование профессиональной пригодности в процессе подготовки сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России……. 127

Сведения об авторах……..……..... 135
Информационная справка. ..……..…….. 137
Авторам журнала «Проблемы управления рисками в техносфере»……. 142

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Проблемы управления рисками в техносфере», без письменного разрешения редакции не допускается.
Ответственность за достоверность фактов, изложенных в материалах номера, несут их авторы

ББК 84.7Р
УДК 614.84+614.842.84

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149. Редакция журнала «Проблемы управления рисками в техносфере»; тел. (812) 369-68-91. Email:. Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

ISSN 1998-8990

© Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы МЧС России, 2010

БЕЗОПАСНОСТЬ КРИТИЧЕСКИ ВАЖНЫХ И ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

ВЫСОТНЫЕ ЗДАНИЯ И ИХ ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ

А.А. Таранцев, доктор технических наук, профессор;
Р.Н. Новоселов;
А.Ю. Родичев. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены исторические аспекты высотного строительства, статистика пожаров в небоскребах и причины трагических последствий.

Ключевые слова: высотные здания, пожар, лифты, эвакуация

HIGH-RISE BUILDINGS AND THEIR FIRE DANGER

A.A. Tarantsev; R.N. Novoselov; A.Y. Rodichev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Historical aspects of high-rise building, the statistican of fires in skyscrapers and the reasons of tragical consequences are considered.

Key words: high-rise buildings, fire, danger, evacuation

Историческая справка о строительстве высотных зданий

В конце XIX начале XX веков в результате экономического роста в США наметились предпосылки многоэтажного строительства[1].

Одной из технических предпосылок к созданию многоэтажных зданий послужило изобретение инженером *Элишей Отисом* парового лифта (50-е гг. XIX века). С его помощью можно было поднимать людей и грузы на значительную высоту. У лифта была страховка: в случае обрыва троса срабатывал аварийный пружинный механизм, который блокировал пассажирскую кабину и останавливал падение, и уже в 1857 г. лифт был установлен в одном из административных зданий Нью-Йорка.

Элиша Грейвс Отис (*Elisha Otis*) (1811-1861) американский изобретатель безопасного лифта (системы задержки лифта в шахте при обрыве каната).

Помехой возведению высотных зданий были несовершенные строительные технологии. Изначально основной вес здания брали на себя несущие стены. Поэтому для высоких домов их приходилось делать достаточно большой толщины. Решить эту проблему помогло каркасное строительство, основные принципы которого были разработаны в 70–80-е гг. XIX столетия. Основная нагрузка здания приходилась на стальной каркас, прочность же собственно стен уже не имела столь важного значения.

Импульсом для разработки и внедрения новейших строительных технологий был пожар 1871 г. в результате которого большая часть зданий Чикаго, крупнейшего индустриального

[1] Материалы подготовлены с использованием публикаций [1-3]

центра Америки, была полностью разрушена. Именно поэтому Чикаго суждено было стать родиной небоскребов. Здесь в 1885 г. по проекту архитектора Уильяма Ле Барона Дженни (William Le Baron Jenney) было построено здание страхового общества *The Home Insurance Building,* которое просуществовало до 1931 г. Первоначально строение имело 10 этажей, а в 1891 г. были надстроены ещё два. Среди других зданий оно выделялось не столько высотой, сколько особенными строительными технологиями, которые были использованы при его создании. Это был первый дом, построенный с использованием каркаса.

The Home Insurance Building (Chicago, USA) построено в 1885 году. Высота 42 м (после реконструкции 1891 г. - 54,9 м.) Разрушено в 1931 г.

Число высотных домов стало быстро увеличиваться. Россия и европейские державы отнеслись к небоскребам достаточно скептически, оставаясь верными собственным традициям. Однако в Америке новый тип зданий быстро завоевал популярность.

Чикаго недолго оставался основным городом небоскребов. С 1890 г., когда был построен 16-этажный офис *Уорлд Билдинг* высотой 94 метра, и по 1972 г. эстафету высотного строительства принял и прочно удерживал Нью-Йорк. Это был главный финансовый центр страны, и большинство новых высоток строились именно по заказу крупных фирм и компаний.

Понять, почему представители американского бизнеса так полюбили небоскребы, несложно: их высота символизировала богатство владельца, его мощь и процветание. В 1894 г. Манхэттенская компания страхования жизни возвела 20-этажное здание *Манхэттен Лайф Иншуренс Билдинг* (106 м). Следующим шагом стал 30-этажный небоскрёб *Park Row Building* (119 м, архитектор R.H. Robertson), который в течение девяти лет был самым высоким зданием в мире. Его рекорд был побит построенным в 1908 г. зданием Зингера (*Singer Building,* 187 м). Этот результат продержался всего год и уже в 1909 г. был построен *Метрополитан Лайф Тауэ,* высота которого составляла 213 м.

Woolworth Building (New York City, USA). Построено в 1913 году. Высота 241 м. Самое высокое здание до 1930 г.

Долгое время пальму первенства удерживал 241-метровый небоскреб архитектора Гаса Гилберта, построенный по заказу мультимиллионера Фрэнка Вулворта и названный его именем *(Woolworth Building)*. Лишь в 1930 г. здание, которому было дано название *«Крайслер»*, смогло побить установленный ранее рекорд. Чтобы добиться этой цели, архитектору небоскреба Уильяму Ван Аллену пришлось пойти на некоторую хитрость. Одновременно с его творением неподалеку возводился офис *Бэнк оф Манхэттен,* создатели которого также хотели установить высотный рекорд. Поэтому проект здания «*Крайслер»,* а особенно его высоту, пришлось долгое время держать в строжайшем секрете. В итоге это помогло Ван Аллену обойти конкурентов, однако ненадолго. Высота построенного им здания в 319 метров оставалась непреодолимой лишь несколько месяцев. Уже в 1931 г. было закончено возведение знаменитого нью-йоркского небоскреба *Эмпайр Стейт Билдинг.* 102 этажа этого здания выросли над Нью-Йорком на высоту в 391 метр. В начале 50-х гг. на крыше небоскреба установили телевизионную антенну. Благодаря ей строение еще немного выросло и до 70-х гг. оставалось самым высоким в мире.

После Второй мировой войны небоскребы начинают приобретать современные очертания. Здания все чаще напоминают огромные кубы и параллелепипеды. В это же время небоскребы перестают быть исключительно многоэтажными офисами, в них появляются торговые центры, кинотеатры, рестораны, магазины и другие объекты инфраструктуры.

В 70-е гг. идет интенсивное строительство высотных домов по всему миру. В Нью-Йорке возводят, теперь уже печально знаменитые, башни-близнецы. Это были первые офисные здания, перешагнувшие порог в 400 метров. Однако и этот высотный рекорд оказался недолговечен. Уже в 1973 г. в Чикаго был построен небоскреб *Сирс-Тауэр* в 443 метра. Это 110-этажное здание на момент окончания работ было чудом инженерной мысли. В нем работали 15 скоростных лифтов, которые за считанные секунды поднимали людей на почти полукилометровую высоту.

Во второй половине XX столетия небоскребы постепенно завоевывают мир. Во многом толчком к столь быстрому развитию послужила война, разрушившая десятки городов. Некоторые населенные пункты приходилось попросту отстраивать заново, так как большая часть довоенных конструкций восстановлению не подлежала.

Sears Tower (Chicago, USA). Построено в 1973 году. Высота 443,2 метра. Самое высокое здание до 1998 г.

Весьма активно высотные здания возводили в Германии. Франкфурт-на-Майне, финансовую столицу страны, нередко сравнивают с Нью-Йорком или Чикаго из-за большого количества небоскребов. Благосклонно отнеслись к строительству высотных домов и в Советском Союзе. С началом экономического роста в странах Юго-Восточной Азии бум строительства небоскребов переместился в этот регион. В течение последних десятилетий там были построены сотни высотных домов. Именно они во многом определяют сейчас внешний облик основных мегаполисов региона. Здесь же сегодня разворачивается основная борьба за звание самого высокого здания в мире. До недавнего времени пальму первенства удерживали 453-метровые малазийские башни-близнецы из Куала-Лумпура (Малайзия), построенные в 1998 г. Однако в 2003 г. в Тайбэе (Тайвань) был торжественно открыт небоскреб, перешагнувший полукилометровый рубеж. На 101 этаже этого 508-метрового гиганта разместились многочисленные офисы, торговые центры и даже обсерватория. На момент написания статьи самым высоким зданием в мире является Дубайская башня *Burj Dubai* (ОАЭ) (780 м), её строительство продолжается и по прогнозам высота будет увеличена до 818 метров. И это не предел, например, было объявлено о проекте здания *Murjan Tower* в Бахрейне, высота которого может предположительно составить 1022 метра, или башне *Mubarak al Kabir Tower* в Кувейте с ориентировочной высотой 1001 метр – её планируют построить уже к 2012 г.

Статистика пожаров

Высотные здания в силу своей специфики имеют большую степень потенциальной пожарной опасности в сравнении с обычными зданиями. В таблице представлены краткие сведения о пожарах в высотных зданиях городов мира, которые показывают чрезвычайную опасность огня для жизни людей и пожарных-спасателей.

Таблица

Место и время пожара	Последствия пожара
1	2
Нью-Йорк (США). 28.07.1945	14 человек сгорели заживо, 26 получили сильные ожоги, когда в 102-этажное здание небоскреба «Эмпайр Стейт Билдинг» в Нью-Йорке в условиях тумана врезался бомбардировщик В-25. Выгорели четыре этажа здания - с 75 по 79

1	2
Атланта (США). 07.12.1946	119 человек погибли и 91 пострадал, когда загорелся отель «Вайнкофф» в Атланте (штат Джорджия, США). В 15-этажном здании находились около 300 постояльцев и обслуживающий персонал. Возгорание заметили слишком поздно и людей не успели эвакуировать
Сан-Паулу (Бразилия). 01.02.1974	227 человек погибли и 450 пострадало в результате пожара в 25-этажном здании «Джоэлма Билдинг» в бразильском Сан-Паулу. Огонь возник на 12-м этаже в вентиляционной трубе и быстро распространился по зданию из-за того, что стены и перекрытия были покрыты легковоспламеняющимся материалом. Причина возгорания не установлена
Лас-Вегас (США). 21.11.1980	87 человек погибли, 679 пострадали от огня и дыма при пожаре в отеле-казино MGM Grand Hotel в Лас-Вегасе (штат Невада, США). Причиной пожара в 26-этажном здании стало замыкание в электропроводке
Лас-Вегас (США). 11.02.1981	8 человек стали жертвами огня, 252 пострадали в отеле «Хилтон» в Лас-Вегасе (США). Возгорание из-за короткого замыкания возникло на восьмом этаже 30-этажного здания. При этом противопожарная система была отключена из-за проводившейся модернизации
Сан-Хуан (Пуэрто-Рико). 31.12.1986	97 человек погибли и 140 получили ожоги различной степени тяжести, когда огонь в течение 12 минут охватил 30-этажный отель «Дюпон Плаза» в городе Сан-Хуан в Пуэрто-Рико. Источником возгорания стали картонные коробки в одном из помещений гостиницы. По одной из версий, имел место умышленный поджог
Сан-Паулу (Бразилия). 21.05.1987	Пожар на пятом этаже в одном из небоскребов в бразильском городе Сан-Паулу, в котором располагалось управление по энергетике штата. Огонь перекинулся на три соседних здания. Жертв не было
Лос-Анджелес (США). 05.05.1988	Пять часов бушевал пожар в самом высоком небоскребе Лос-Анджелеса – 62-этажном здании банка First Interstate Bank. В огне, охватившем пять этажей здания, погиб один человек, более 40 человек пострадали и были госпитализированы с ожогами и отравлениями. Большая группа людей была снята вертолетом с крыши небоскреба высотой более 260 метров
Нью-Йорк (США). 13.08.1988	В знаменитом небоскребе Нью-Йорка – Empire State Building возник пожар на 86-м этаже, огонь достиг 102-го этажа. Жертв не было
Каир (Египет). 15.03.1989	На трех последних этажах 28-этажного небоскреба телецентра в Каире возник пожар, который быстро распространился из-за сильного ветра. Два человека погибли, восемь получили ранения, четверо были спасены с помощью вертолетов
Токио (Япония). 24.08.1989	Пожар на 24-м этаже высотного дома в токийском районе Кото, причиной которого стало короткое замыкание в телевизионном приемнике. Жители дома были эвакуированы с помощью вертолета
Нью-Йорк (США). 17.07.1990	Пожар в небоскребе Empire State Building. Из-за отравления дымом пострадали 38 человек.

1	2
Филадельфия (США). 25.02.1991	Почти сутки бушевал сильный пожар в самом центре Филадельфии. Пламя охватило 38-этажный небоскреб. Пожар начался на 22-м этаже и поднялся на восемь этажей вверх. При тушении погибли трое пожарных
Нью-Йорк (США). 20.11.1991	В одном из небоскребов Международного торгового центра в Нью-Йорке произошел пожар. Пламя вспыхнуло на 94-м этаже 110-этажного здания в помещении с электрооборудованием. Один человек пострадал, 30 были эвакуированы
Лагос (Нигерия). 16.04.1993	Пожар вспыхнул в центре нигерийской столицы Лагосе в 25-этажном здании министерства обороны. Возгорание произошло на 16-м этаже вскоре после окончания рабочего дня. Почти все сотрудники успели покинуть здание. Несколько человек, застрявшие в лифтах, были спасены
Претория (ЮАР). 15.06.1994	Загорелось высотное здание в центре Претории. Огонь вспыхнул на 19-м этаже и распространился до последнего 27 этажа. Около 40 человек были эвакуированы вертолетами
Нью-Йорк (США). 23.11.1995	Искра, вызванная коротким замыканием, подожгла Empire State Building в Нью-Йорке. Людей успели эвакуировать
Лондон (Англия). 17.01.1996 г.	Примерно 500 человек были эвакуированы из небоскреба в лондонском Сити. Причиной стал сильный пожар, вспыхнувший на 45-м этаже здания
Милан (Италия). 13.02.1996	Сильный пожар возник в деловом центре Милана. Огонь охватил верхние этажи 27-этажного бизнес-центра Torre Velasca. Пожар возник из-за неисправности электрооборудования во время строительных работ в офисах бизнес-центра. Никто не пострадал.
Нью-Йорк (США). 10.10.1996 .	Пожар возник в штаб-квартире общенациональной телекомпании NBC в одном из небоскребов в Rockfeller Centre в Нью-Йорке. Все люди, находившиеся в 70-этажном здании, были эвакуированы, несколько человек пострадали от дыма. Причиной явилась неисправность в электропроводке в районе 10-го этажа
Гонконг (Гонконг). 21.11.1996 .	Пожар в небоскребе Garley Building считают самым ужасным за всю историю Гонконга. 40 человек погибли и 81 пострадал в результате 20-часового пожара в 16-этажном «Гарлей Билдинг» в Гонконге. Полностью выгорели семь этажей. Пожар вызвало короткое замыкание в электропроводке
Бангкок (Таиланд). 23.02.1997	Пожар в 36-этажном здании President Tower в Бангкоке. До основания выгорели этажи с 7-го по 10-й, погибли 3 человека
Нью-Йорк (США). 05.12.1997	Загорелся 74-й этаж 77-этажного здания небоскреба Chrysler Building в Нью-Йорке. Пожар произошел из-за возгорания трансформатора. Жертв нет
Джакарта (Индонезия). 08.12.1997	Сильный пожар вспыхнул на верхних этажах 25-этажного Банка в Индонезии в центре Джакарты. Три верхних этажа выгорели полностью. В момент возникновения пожара в здании, где проводились отделочные работы, находилось свыше 200 банковских служащих и рабочих. 15 человек погибли. Причиной пожара называют короткое замыкание в системе кондиционирования воздуха

1	2
Гонконг (Гонконг). 10.12.1997	В деловом центре Гонконга вспыхнул пожар на 24-м этаже небоскреба Melbourne House. Жертв нет
Лондон (Англия). 22.03.1998	Вспыхнул пожар в центре лондонского Сити. Почти пятая часть 40-метровой башни, на верхних этажах которой располагаются апартаменты английских миллиардеров, выгорела полностью. Эпицентр пожара находился в самом центре Сити – близ Лондонской фондовой биржи, Английского банка и концертного зала «Барбикан. Среди населения пострадавших нет, сильные ожоги получил один из пожарных
Филадельфия (США). 05.01.2000	Пожар вспыхнул на крыше 32-этажного здания в центре Филадельфии (Пенсильвания, США). Никто не пострадал
Гонконг (Гонконг). 02.08.2000	Пожар на 13-м этаже гонконгского небоскреба Immigration Tower. Сильные ожоги получили 47 человек
Москва (Россия). 28.08.2000	Огнем было охвачено самое высокое сооружение Европы, Останкинская телебашня. На некоторое время была прекращена телетрансляции по всей России. Погибли 3 человека
Йоханнесбург (ЮАР). 05.03.2003	6 человек погибли и 67 получили ожоги и травмы при пожаре в гостинице «Ранд Инн Интернешнл» в Йоханнесбурге, ЮАР. Огонь начал распространяться с первого этажа 21-этажного здания из-за искры на кухне ресторана
Чикаго (США). 17.10.2003	6 человек погибли в офисном здании в центре Чикаго, США. Возгорание началось в конце рабочего дня на 12-м этаже 35-этажного здания. Причина возгорания не выяснена
Каракас (Венесуэла). 17.10.2004	Пожар уничтожил треть самого высокого 56-этажного небоскреба Южной Америки, находящегося в Каракасе, столице Венесуэлы. 12 пожарных получили ожоги и увечья
Чикаго (США). 06.12.2004	Загорелся чикагский небоскреб LaSalle Bank Building. 12 человек пострадали от нехватки кислорода, но выжили

Причины трагических последствий

Пожарная опасность для людей, находящихся в высотных зданиях, повышается ещё и от того, что в отличие от малоэтажных домов сильно затруднена эвакуация, а также возрастает сложность борьбы с пожарами. *Основная причина трагических последствий при пожарах в высотных зданиях – блокирование путей эвакуации продуктами горения и огнем***.** Для высотных зданий характерны быстрое развитие пожара по вертикали и большая сложность обеспечения эвакуации и спасательных работ. Продукты горения заполняют эвакуационные выходы, лифтовые шахты, лестничные клетки. Скорость распространения дыма и ядовитых газов по вертикали может достигать нескольких десятков метров в минуту. За считанные минуты здание оказывается полностью задымлено, а нахождение людей в помещениях без средств защиты органов дыхания невозможно. Наиболее интенсивно происходит задымление верхних этажей, где разведка пожара, спасение людей и подача средств тушения весьма затруднены. Помимо того, при пожаре часто выходит из строя лифтовое оборудование и системы противопожарной защиты.

Анализ последствий пожаров в небоскребах, построенных в конце XX века, показал, что факторами, способствующими трагическому развитию событий, являлись:

– низкая огнестойкость строительных конструкций и инженерного оборудования, особенно металлических балок и ферм;

– наличие больших внутренних объемов, неразделенных противопожарными преградами;

– небольшое количество лестничных клеток и небольшая ширина лестниц для эвакуации;

– наличие многочисленных проходок в стенах и перекрытиях для кондиционирования, электрооборудования и других технологических нужд;

– отсутствие эвакуационных планов при авариях и пожарах;

– устройство подвесных потолков;

– много сгораемого оборудования, мебели, облицовки.

Тушение пожаров в высотных зданиях затрудняется рядом факторов:

– наличие большого количества людей, нуждающихся в помощи, возникновение паники;

– сложность проведения спасательных работ;

– распространение огня и токсичных продуктов горения в вертикальном направлении как внутри здания, так и снаружи;

– задымление лестничных клеток и верхних этажей через шахты лифтов и другие вертикальные каналы;

– высокая температура на путях эвакуации на этажах, где возник пожар (в коридорах, лестничных клетках);

– сложность и трудоемкость подачи средств тушения, особенно на верхние этажи здания;

– наличие стилобата по периметру здания и отсутствие подъездных площадок, что усложняет установку автолестниц и автоподъемников для проведения спасательных работ;

– сложность в управлении большим количеством пожарных подразделений, специальной техники, а также другими службами, участвующими в ликвидации пожара;

– необходимость применения специальных технических средств для проведения спасательных работ и ликвидации пожара.

Литература

1. Маклакова Т.Г. Высотные здания. Градостроительные и архитектурно-конструктивные проблемы проектирования: монография. М.: Изд-во АСВ, 2006. 160 с.

2. Методические рекомендации по тушению пожаров в зданиях повышенной этажности / МЧС России. М., 2006.

3. Хасанов И. Пожарная безопасность высотных зданий. [Электронный ресурс] URL: http://www.exploitation.ru/articles/5/37/ (дата обращения: 10.12.2009).

ПОЖАРНАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

АДЕКВАТНОСТЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ОПАСНОСТИ ПОДЗЕМНЫХ ПЕРЕХОДОВ НЕФТЕПРОДУКТОПРОВОДОВ ЧЕРЕЗ АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ

С.А. Лаврухин. 10 отряд федеральной противопожарной службы по Санкт-Петербургу.
А.Н. Иванов, кандидат технических наук, доцент;
А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены модели пожарной опасности подземных переходов нефтепродуктопроводов и направления их практического применения сотрудниками ГПС МЧС России.

Ключевые слова: переход, нефтепродуктопровод, утечка, масса, пары, опасность, модель, применение, правдоподобие, автомобильная дорога

ABOUT CREDIBILITY AND PRACTICAL APPLICATION OF MODELS OF DANGER OF UNDERGROUND TRANSITIONS OF OIL PIPELINES THROUGH HIGHWAYS

S.A. Lavruhin. «10 group of a federal fire service across Saint-Petersburg».
A.N. Ivanov; A.C. Poljakov. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Models of fire danger of underground transitions of oil pipelines and a direction of their practical application by employees ГПС the Ministry of Emergency Measures of Russia are considered.

Key words: transition, the oil pipeline, leak, weight, steams, danger, model, application, credibility, a highway

Разработка и согласование проектной и эксплуатационной документации в органах ГПС МЧС России по вводу в эксплуатацию и эксплуатации переходов нефтепродуктопроводов предусматривает выполнение ряда типовых процедур, часть из которых отражена на рисунке.

Для оценки опасности (в виде частоты возникновения и тяжести последствий аварий) переходов нефтепродуктопроводов (НПП) и принятия решений по устойчивому их функционированию трубопроводной системы необходимы адекватные модели, обеспечивающие совпадение основных свойств модели и моделируемого объекта. В связи с этим возникла задача верификации – проверки истинности (адекватности) приведенных ниже моделей на основе известных методов [1].

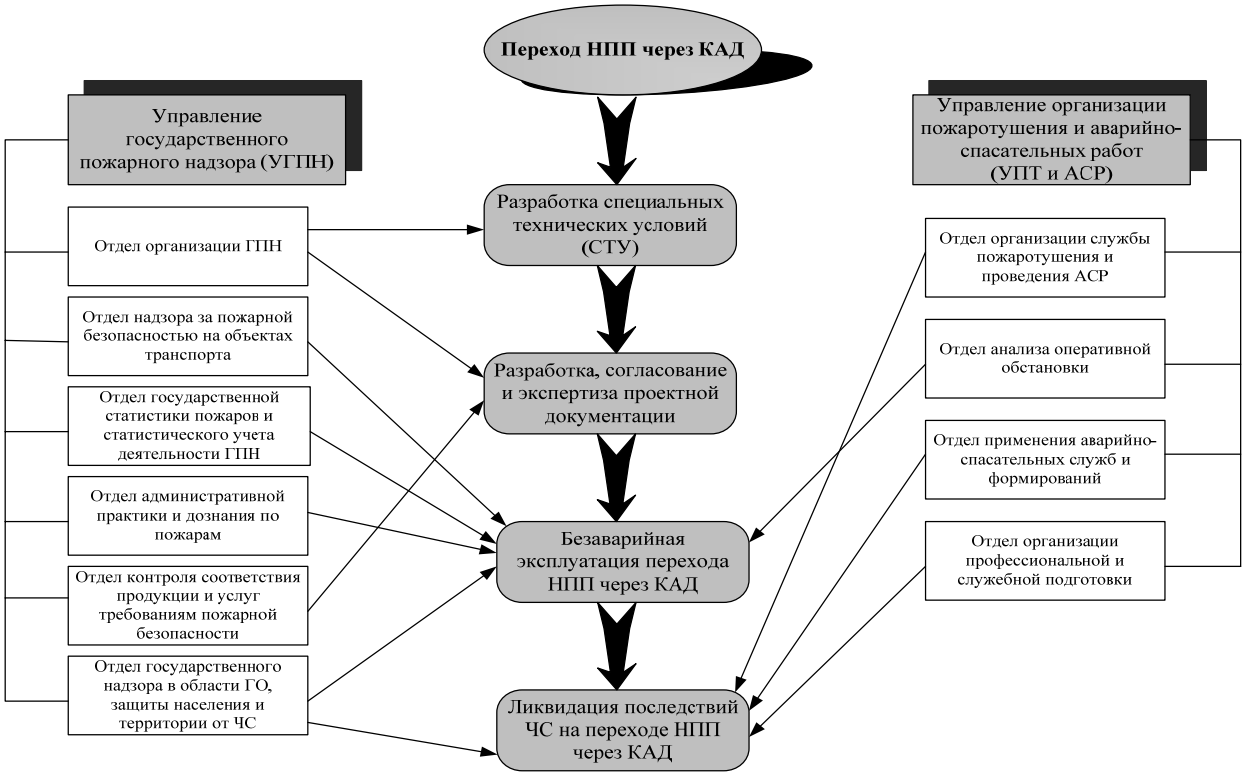


Рис. Типовая процедура ввода в эксплуатацию и эксплуатация перехода нефтепродуктопровода через кольцевую автомобильную дорогу вокруг г. Санкт-Петербурга

Модель № 1 формализует условия полной безопасности в виде зависимости:

$$L \geq R_{\text{оф}}, + \Delta R_{\text{оф},.} \qquad (1)$$

где L – удаление живой силы и техники от источника потенциальной пожарной опасности; $R_{\text{оф}}$ – расчетный радиус поражения живой силы и техники от воздействия соответствующего опасного фактора (от источника) потенциальной пожарной опасности, принимаемый по известным расчетным зависимостям; $\Delta R_{\text{оф}}$ – методическая погрешность расчетного радиуса поражения.

Модель № 2 относит переход НПП к категории пожароопасных, если содержащиеся в нем жидкости способны образовать на конце защитного кожуха трубопровода смесь горючих паров с кислородом воздуха с концентрацией выше нижнего концентрационного предела распространения пламени, размер зоны, которой в горизонтальной плоскости превышает расстояние до бровки автодороги, и создать при сгорании избыточное давление свыше 5 кПа в этом месте.

Модель № 3 характеризует пожарную опасность зависимостью, образованной (по правилам метода анализа размерностей) из единичных показателей, числитель которой характеризует энергию, связанную с утечкой нефтепродукта в случае аварии, знаменатель – энергию нефтепродукта, заключенного в трубах перехода НПП, между отсекающими устройствами (задвижками):

$$\pi = \frac{Q \cdot p \cdot \tau}{G \cdot E}, \qquad (2)$$

где Q – пропускная способность трубопровода, м^3/с; p – рабочее давление в трубопроводе, Па; τ – длительность отключения аварийного участка трубопровода, с; G – количество нефтепродукта в трубах перехода НПП, кг; E – низшая теплота сгорания транспортируемого нефтепродукта, Дж/кг.

Модель № 4 развивает аналитические зависимости «Методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» [3] по определению поражающих факторов применительно к особенностям переходов НПП.

Из анализа описания моделей следует, что абсолютно безопасным в пожарном отношении будет такой переход НПП (модель № 1), который (как источник потенциальной опасности) удален от мест возможного нахождения людей и материальных средств на расстояниях, полностью исключающих воздействие на них опасных факторов пожара. Во всех остальных случаях (модели № 2–4) имеется опасность их поражения в период функционирования НПП.

Для выбора адекватной модели известный метод максимального правдоподобия [1] в нашем случае не применим в полном объеме из-за отсутствия возможности проведения экспериментальных исследований (ввиду их значительной масштабности, дороговизны и чрезвычайной опасности для участников эксперимента) и ограниченности статистических данных. Однако можно использовать сам принцип последовательного распознавания образов, согласно которому [2], если объект Y описывается функцией нескольких переменных

$$Y = f(x_1, x_2, \ldots x_N), \qquad (1)$$

то у него сначала измеряется x_1 и на основании этой информации решается вопрос об отнесении его к одному из образов. Когда это удается сделать с достаточной степенью уверенности, то другие признаки не измеряются и процедура распознавания заканчивается. Если такой уверенности нет, то измеряется следующий признак x_2 и решение принимается по двум признакам x_1 и x_2. Далее процедура либо прекращается, либо продолжается до тех пор, пока не будут исчерпаны все N признаков.

Представленные модели пожарной опасности обладают одинаковым набором признаков: массой пролитой в результате аварии жидкости и паров от ее испарения; развиваемым при этом избыточным давлением взрыва; количеством выделившегося тепла за счет сгорания массы пролитой жидкости и другими характеристиками. С учетом особенностей моделей и для удобства дальнейшего анализа, абстрактную зависимость (1) представим в следующем виде, отражающем специфику рассматриваемого вопроса:

$$Y_1 = f(m_y, m_{гп}, m_{пр}, \Delta p, q, \ldots) \qquad (2)$$

где m_y – масса горючей жидкости, вытекшей из продуктопровода при аварии; $m_{гп}$ – масса горючих паров, образовавшихся из вытекшей жидкости; $m_{пр}$ – приведенная масса горючих паров, образовавшихся из вытекшей жидкости; Δp – величина избыточного давления при взрыве горючих паров, образовавшихся при аварии; q – тепловой поток от сгорания паров, образовавшихся при аварии.

В уравнении (2) все переменные зависят от величины массы горючей жидкости m_y, вытекшей из продуктопровода при аварии. Следовательно, с позиций принципа последовательного распознавания образов, это уравнение можно свести к одной переменной и представить в виде:

$$Y_2 = f(m_y)$$

Тогда вся процедура проверки адекватности моделей Y может быть сведена к проверке моделей, описывающих зависимость величины m_y через утечку G_L горючей жидкости из аварийного трубопровода [3]:

$$m_y = G_L \cdot \tau + \frac{\pi}{4} \cdot d_P^2 \cdot \left(\sum_{i=1}^{n} L_i \right) \cdot \rho_L \quad , \tag{3}$$

$$G_L = \mu \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_P^2 \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_L \cdot \Delta P_R} \tag{4}$$

где τ – расчетное время (с) отключения трубопроводов, связанных с местом разгерметизации; d_P – диаметр трубопроводов, м; L_i – длина i-го участка трубопровода (между запорными устройствами на переходе НПП), м; ρ_L – плотность транспортируемой жидкости, кг/м^3; μ – коэффициент истечения (можно принять среднее значение $\mu = 0{,}7$); ΔP_R – давление в трубопроводе в момент аварии, Па; n – число участков трубопроводов, связанных с местом разгерметизации.

Следует заметить, что уравнения (3) и (4) являются общепризнанными в гидравлике, не подлежащими сомнению, а уравнение (3) справедливо для трубопроводов, незаглубленных в землю. При заглублении трубопроводов (или наличии устройств, препятствующих выходу жидкости на поверхность земли) второе слагаемое в этом уравнении следует исключить, и оно сведется к виду:

$$m_y = G_L \cdot \tau \quad . \tag{5}$$

Поэтому при дальнейшем анализе правдоподобия моделей опасности переходов НПП руководствовались зависимостями (4) и (5).

Сравнение величины утечки, получаемой по уравнению (5), с имеющимися статистическими данными, проведено для реального тоннельного перехода НПП через КАД по следующим характеристикам:

τ = 30 с (процессы обнаружения утечек нефтепродукта и перекрытия запорной арматуры – автоматизированы);

d_P = 0,25 м (произошло полное разрушение трубопровода);

L_i = 300 м; ρ_L = 730 кг/м^3; μ = 0,7; ΔP_R = 2,0 · 10^5 Па; n = 1.

Получено: G_L = 587 кг/с; m_y = 17,6 т (в объемных единицах – 24 м^3).

Согласно статистике [4, 5] ожидаемые удельные аварийные потери нефти на нефтепроводах Балтийской трубопроводной системы составляют от 19 до 21 т/год/1000 км. Если следовать этим данным, то потери нефтепродуктов при возможной аварии на переходе НПП через КАД (при одной поврежденной продуктовой линии длиной 300 м) могут однократно составить порядка 6 кг.

Сравнение этих результатов показывает существенную разницу (до 3000 раз) между смоделированными результатами и статистическими данными. Смоделированные результаты представляются завышенными по ряду вполне очевидных, но неучтенных причин:

– жидкость имеет возможность выходить не только на поверхность земли, но и распространяться вдоль поверхности соприкосновения тела трубопровода и земли с не меньшей скоростью, чем вверх, что равносильно перекачке одновременно по двум направлениям, и поэтому величина утечки на поверхность земли должна быть уменьшена примерно вдвое;

– грунт в месте выхода жидкости на поверхность земли теоретически способен поглотить до половины вытекшей жидкости за счет пористости (максимально равной 50 %), что (при толщине слоя грунта в 2 м) эквивалентно 6 $м^3$;

– статистика свидетельствует, что полное раскрытие НПП диаметром 250 мм практически не бывает (происходит с частотой $1{,}5 \cdot 10^{-8}$ $1/(м \cdot год)^{-1}$), преобладают утечки через отверстия диаметром до 12,5 мм с частотой в 100 раз больше [3].

По перечисленным причинам в модель аварийного пролива должны быть внесены ограничения: принимать диаметр отверстия утечки 12,5 мм; учитывать влияние пористости грунта (50 %) и возможность распространения жидкости вдоль поверхности соприкосновения тела трубопровода и земли.

Проведенные расчеты при указанных ограничениях показали, что в этом случае $G_L = 2$ кг/с; $m_y = 60$ кг. На поверхность земли выйдет около 15 кг жидкости, реально представляющей опасность для работников, населения и техники.

Приняв условно (по максимуму), что 1 кг жидкости растекается на одном квадратном метре поверхности, площадь пожара не превысит 15 $м^2$. Тогда, согласно [6], требуемый расход воды на тушение пожара составит 3,0 л/с при интенсивности ее подачи $J_{тр}$ = 0,20 $л/(м^2 \cdot с)$ – для разливов нефти вокруг скважин фонтанов и горючих жидкостей, разлившихся на поверхности площадок, в траншеях и технологических лотках). Требуемый запас воды, исходя из величины нормируемого времени τ = 10 мин, составит 1800 л.

Таким образом, для тушения пожара необходима пожарная автоцистерна вместимостью не менее 1800 л и обеспечивающая расход воды не менее 3,0 л/с. Тактико-технические характеристики штатных пожарных автоцистерн превосходят необходимые параметры тушения пожара.

Изложенный материал позволяет сделать следующие выводы:

1. Рекомендуемые ограничения на истечение жидкости из поврежденного подземного трубопровода способны обеспечить адекватность модели № 4 реальному процессу.

2. Модели № 1–3 пожарной опасности переходов НПП наиболее пригодны для нового строительства в условиях достаточности отведенной площади, при этом модель № 3 – удобна для сравнительной оценки возможных вариантов, но ни одна из них не позволяет рассчитать величину пожарного риска.

3. Модель № 4 пожарной опасности переходов НПП адаптирована к действующей методике [3], позволяет рассчитать величину пожарного риска и может быть применена на всех этапах жизненного цикла перехода НПП через автодорогу.

4. Имеющиеся на вооружении пожарных частей автоцистерны способны локализовать возможные пожары на переходах НПП через автодороги.

Литература

1. Лопатников Л.И. Экономико-математический словарь: Словарь современной экономической науки. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2003. 520 с.

2. Волошин Г.Я . Методы распознавания образов. [Электронный ресурс]. URL: htt://abc.vvsu.ru (дата обращения 01.10.2009).

3. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс] (введена в дейст. приказом МЧС России от 10 окт. 2009 г. № 404). Официальный сайт МЧС России: URL: htt://www.mchs.gov.ru. (дата обращения 01.10.2009).

4. Безопасность жизнедеятельности. 2002. № 6. С.17–22.

5. Безопасность труда в промышленности. 2002. № 6. С. 2–6.

6. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара. М.: ЗАО «Спецтехника», 2001.

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА РЕНТГЕНОФЛУОРЕСЦЕНТНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ МОНИТОРИНГА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ ПОЧВЫ ПРИ АНАЛИЗЕ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕГАЗОВОГО КОМПЛЕКСА

О.В. Полухин;
Ю.Н. Бельшина, кандидат технических наук;
Ф.А. Дементьев. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Анализируется экологическая проблема почвенного покрова на объектах нефтегазового комплекса. Раскрыт ущерб, наносимый при добыче и хранении нефти и нефтепродуктов почве, животным и микроорганизмам, живущим в ней. Предложен метод для прогнозирования и ликвидации чрезвычайных ситуаций при авариях и разливах нефти.

Ключевые слова: мониторинг, тяжелые металлы, почва, экологический ущерб, микроорганизмы

APPLICATION OF X-RAY FLUORESCENCE SPECTROSCOPY FOR MONITORING OF TRACE ELEMENTS IN THE ANALYSIS OF SOIL EMERGENCIES IN OIL AND GAS FACILITIES

O.V. Poluhin; J.N. Belshina; A.F. Dementiev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The environmental problem of a soil cover on objects of an oil and gas complex is analyzed. The damage putting at extraction and storage of oil and mineral oil on soil, animals and the microorganisms living in it is opened. The method for forecasting and liquidation of emergency situations at failures and oil floods is offered.

Key words: monitoring, heavy metals, soil, an ecological damage, microorganisms

Необходимость системы контроля содержания микроэлементов при разработке схемы мониторинга загрязнений нефтью и нефтепродуктами на объектах нефтедобычи обусловлена рядом факторов. С одной стороны, при добыче нефти используют достаточно сложные, многокомпонентные реагенты, которые могут являться потенциальными загрязнителями, кроме того примеси металлов могут попадать в окружающую среду вместе с продуктами коррозии технологического нефтедобывающего оборудования. С другой стороны, значительный вклад в загрязнение объектов окружающей среды микроэлементами, в том числе тяжелыми металлами, вносит сама нефть [1].

Важнейшим объектом экологических исследований при оценках антропогенного воздействия является почва. Она представляет собой важнейшее звено биогеохимического круговорота веществ в экосистемах, источником поступления этих веществ в растительность и по трофическим цепям в организм человека. Кроме того она аккумулирует загрязнители в течение длительного периода, и анализ их химического состава дает интегральную характеристику долговременного загрязнения – его масштабов и превращений в зависимости от видового состава почв и их способности к самоограничению. Перечень видов контроля загрязнения почв в отечественной и зарубежной литературе к постоянным характеристикам относит такой показатель, как присутствие загрязняющих веществ в сопредельных средах. Этим показателем подчеркивается роль почвы как депонирующей среды в экосистеме, характеризующаяся так называемой проточностью. Проточность геосистемы – это механизм выноса чужеродных веществ в ходе нормального функционирования. Чем большей

проточностью обладает почва, тем более вероятно распространение загрязнений в ландшафте [2].

Проводимые ранее исследования выявили некоторые закономерности загрязнения почвы различными микроэлементами, в том числе тяжелыми металлами, на объектах нефтедобычи. Формирование техногенного геохимического поля, охватывающего значительную часть месторождений, приводит к появлению аномалий с содержанием широкого круга микроэлементов. В первую очередь это связано с повышенным содержанием в нефти таких микроэлементов, как ванадий и никель. Кроме того, локальные проявления аномалий по отдельным микроэлементам обусловлены авариями, хранением отходов и влиянием второстепенных объектов. Непосредственно буровые работы приводят к формированию локальных техногенных аномалий в почвах таких элементов, как Ba, Pb, Sr, Zn. Наиболее опасным элементом является Pb, поскольку Ba и Sr геохимически инертны и совместимы с природной ландшафтно-геохимической обстановкой. Профильное распределение тяжелых металлов в почвенных горизонтах сводится к образованию регрессивно-аккумулятивного типа их распределения. Данный тип характеризуется повышенным накоплением загрязнителей в гумусовом горизонте и резким понижением их содержания в нижележащих горизонтах[1].

Для создания системы мониторинга содержания микроэлементов в почве необходима разработка метода объективной оценки мешающего влияния матрицы (солевого состава почвы) на возможность определения степени загрязнения пробы почвы. Почвообразующие породы, имеющие экологическое значение, сложенные песчаными породами различного генезиса (водно-ледниковыми и аллювиальными), недостаточно насыщены микроэлементами, что определяет их слабую природную защищенность по отношению к поступающим загрязнителям. Наиболее неблагоприятная биогеохимическая ситуация отмечается в регионах с преобладанием подзолистых почв, развитых на водно-ледниковых песчаных отложениях. В болотных почвах проявляется тенденция к увеличению в 1,5–2 раза содержания таких элементов, как Ca, Mg, Co, Ni, Cu, РЬ, по сравнению с водоразделами. Для некоторых элементов (например, РЬ) накопление не связано с техногенезом, а происходит за счет их концентрирования болотной растительностью. Для биогенных элементов (Mn, Ba, P, Zn и др.) этот эффект выражен более ярко. Почвы, залегающие в поймах и на низких террасах речных долин, имеют более богатый элементный состав, что обусловлено влиянием их затопления и отложением более тонкодисперсных фракций взвешенных в речных водах твердых частиц. Для тундровых зон основным фактором формирования микроэлементного состава почв является их биологическое накопление с последующим закреплением в торфяном горизонте. Важную роль играют глеевые геохимические барьеры, на которых изменяются окислительно-восстановительные условия и происходит трансформация миграционной активности химических элементов. Таежные зоны характеризуются развитием подзолистых почв с низким содержанием микроэлементов за счет обедненности минеральной основы (кварцевые пески), слабой гумификации и активного выноса веществ из элювиальных горизонтов в иллювиальные в результате процесса оподзоливания [3, 4].

Системы мониторинга могут быть материализованы лишь при условии применения определенных методов количественного анализа. В настоящее время разработано большое количество стандартных аттестованных методик, позволяющих определять содержание металлов в почвах. Перспективным методом, применяемым для определения металлов при оценке негативного воздействия объектов нефтегазового комплекса на объекты окружающей среды, является метод рентгенофлуоресцентного анализа (РФА). Одним из основных его преимуществ является возможность проведения исследования без предварительной пробоподготовки. Однако низкий предел обнаружения многих элементов, относящихся к тяжелым металлам, по сравнению с применяемым во многих стандартных методиках методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, требует постоянного совершенствования методик применения метода РФА, позволяющих наиболее

оптимально сочетать высокую скорость проведения анализа, точность и достоверность получаемых результатов [5].

Целью настоящей работы является изучение возможности применения метода РФА для изучения динамики изменения содержания в почве микроэлементов при нефтяном загрязнении.

В качестве объектов исследования были выбраны образцы почв, предварительные исследования которых показали, что содержание в них нефтепродуктов не превышает 20 ppm, что позволяет отнести их к условно чистым. Взятые образцы почв высушивались при комнатной температуре, просеивались и загружались в кюветы для проведения элементного анализа. РФА проводили на рентгеновском спектрометре «Спектроскан МАКС-GV». Среди элементов, которые могут попадать в почву в виде загрязнений на объектах нефтегазового комплекса, к первому классу опасности относятся мышьяк, кадмий, ртуть, селен, свинец, цинк; ко второму классу – кобальт, никель, молибден, медь, сурьма, хром; к третьему классу – барий, ванадий, вольфрам, марганец, стронций. Все они входят в диапазон элементов, определяемых данным прибором.

Для получения достоверных результатов проводились не менее 10 параллельных измерений. Все исследованные образцы характеризуются содержанием таких элементов, как железо, титан, кальций, кремний, сера, хлор, калий, на некоторых спектрах проявляются линии марганца и стронция. Спектр исследуемого в данной работе образца почвы представлен на рисунке.

О содержании элементов судили по интенсивности их аналитических линий. Для серы, железа, кремния и меди значения интенсивности при проведении параллельных измерений остаются практически постоянным; и для других элементов сходимость определяемых значений при параллельных измерениях крайне низкая, что не дает возможности изучать динамику изменения их содержания при исследовании загрязнений, в том числе нефтяных.

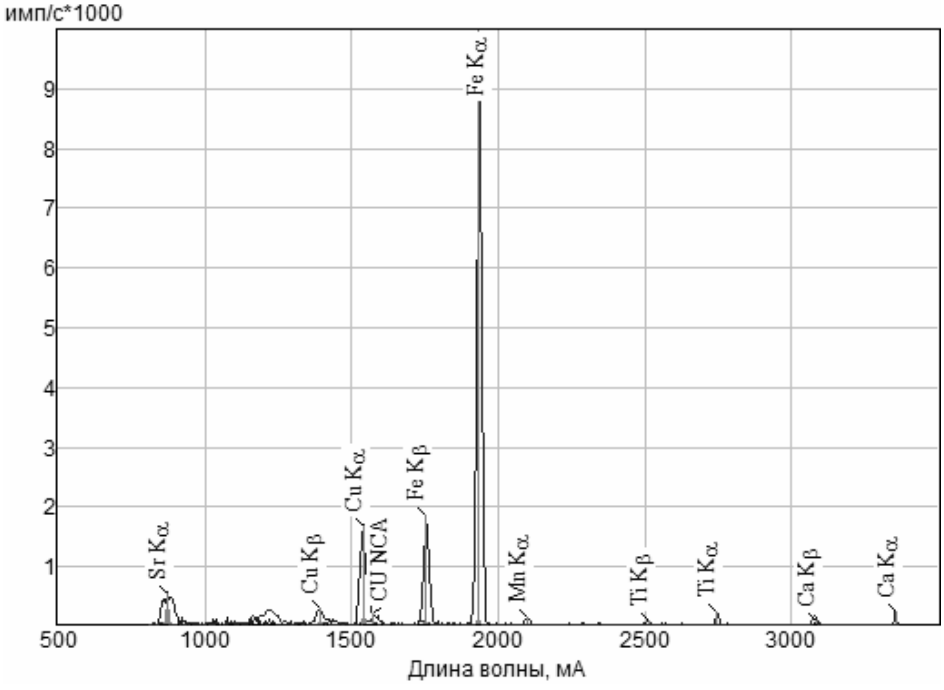


Рис. **Спектр РФА образца почвы, полученный на кристалле анализаторе LiF**

Затем были исследованы образцы нефти с различных нефтеперерабатывающих заводов. Полученные спектры РФА показали, что нефть содержит многие элементы, обнаруживаемые в почве, главным отличием является присутствие в ней незначительного количества V и Ni. Однако при данном режиме измерения не обнаружилось на спектрах

линий тяжелых металлов, что говорит о необходимости подбора условий съемки спектров. Согласно литературным источникам среди микроэлементов, содержащихся в нефтях, наибольшая информация имеется о ванадии и никеле. Это связано с тем, что они в сравнительно больших концентрациях постоянно обнаруживаются в нефтях. Поэтому далее исследовались образцы почв искусственно загрязненные в лабораторных условиях нефтью на присутствие в них этих элементов, а также серы, которая является неотъемлемым компонентом нефти и характеризует ее природу.

Известно, что соединения серы содержатся в нефтях в широком диапазоне концентраций: от сотых долей до 8–14 %. Показатель «общая сера» включает ряд соединений серы, входящих в состав нефтепродуктов: элементную серу (обычно не более 0,1 %), сероводород (до 0,02 %), органические сульфиды и дисульфиды, тиолы и тиофены [4].

На полученных спектрах РФА загрязненной почвы наблюдается увеличение интенсивности аналитических линий серы и появляются линии ванадия и никеля. При этом наблюдается сохранение соотношения интенсивностей линий ванадия и серы, с учетом фонового содержания в исходной почве данного элемента. Это позволяет предположить эффективность применения метода РФА как для определения степени загрязнения почвы нефтью, так и для установления природы этого загрязнения.

В учебно-научном комплексе инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России в настоящее время проводится разработка системы мониторинга элементного состава почвенного слоя для наблюдения, оценки и прогноза химических загрязнений техногенного происхождения, которая позволяла бы проводить исследования экспрессно, без значительных затрат и в то же время максимально объективно.

Литература

1. Хаустов А.П., Редина М.М. Охрана окружающей среды при добыче нефти. М.: Дело, 2006. 552 с.

2. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник. М.: Протектор, 2001 304 с.

3. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов: практическое руководство. 2-е изд., перераб. и доп. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 270 с.

4. Хант Дж. Геохимия и геология нефти и газа. М.: Мир, 1982. 704 с.

5. Другов Ю.С., Родин А.А. Анализ загрязненной почвы и опасных отходов: практическое руководство. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 424 с.

6. Клюев Н.А. Эколого-аналитический контроль стойких органических загрязнений в окружающей среде. М.: Джеймс, 2000. 48 с.

7. Майстренко В.Н., Клюев Н.А. Эколого-аналитический мониторинг стойких органических загрязнителей. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2004. 323 с.

СНИЖЕНИЕ РИСКОВ И ЛИКВИДАЦИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ В ЧС

НАУЧНЫЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЛЕЙ ВЗРЫВООПАСНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ

А.В. Федоров, доктор технических наук, профессор;
А.А. Лукьянченко;
Е.Н. Ломаев. Академия ГПС МЧС России

В связи с интенсификацией производственных процессов и развитием газовой, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической и других потенциально опасных отраслей промышленности своевременное обнаружение горючих газов и паров в воздухе производственных помещений и промышленной территории в концентрациях, значительно меньших взрывоопасных, и их локализация является важной задачей. Эту задачу успешно решают газоанализаторы-сигнализаторы, широко применяемые в промышленности для помещений и открытых технологических установок.

Ключевые слова: сигнализаторы, взрывоопасная концентрация, горючие газы и пары, облако топливно-воздушной смеси, автоматический анализатор, автоматический контроль, автоматизированная система управления

SCIENTIFIC BASES OF AUTOMATION OF DETECTION OF FIELDS OF EXPLOSIVE CONCENTRATION

A.V. Fedorov; A.A. Lukjanchenko; E.N. Lomaev;
Academy GPS of the Ministry of Emergency Measures of Russia

In connection with an intensification of productions and development gazo-howl, oil refining, petrochemical, chemical and others potentsi-alno dangerous industries, timely detection of combustible gases and steams in air of industrial premises and industrial territo-rii in concentration, it is considerable smaller explosive, and their localisation jav-ljaetsja the important problem. This problem is solved successfully by the gas analyzers-signalling devices widely applied in the industry for premises and from-cover technological installations.

Key words: annunciators, explosive concentration, combustible gases and pair(vapour)s, cloud fuel-air mixture, automatic analyzer, hardware check, automated managerial system

Аварийная утечка горючих газов (в том числе сжиженных), легковоспламеняющихся жидкостей, а также их залповый выброс из поврежденной части технологического оборудования и трубопроводов являются непосредственными источниками образования взрывоопасных смесей на открытых установках потенциально опасных предприятий. В

общем случае ход подобных аварий можно разделить на несколько стадий (рис. 1).

Рис. 1. **Примерные стадии и характеристики развития аварии с выбросом горючих сред**

Взрывоопасные облака топливно-воздушной смеси (ТВС), как правило, воспламеняются через некоторое время после их образования, что позволяет оповестить персонал предприятия и население прилегающих районов о необходимости включения устройств защиты (паровые или водяные завесы для рассеивания), принятия мер по локализации и ликвидации аварийной ситуации и предотвращению возможных взрывов на соседних объектах. Поэтому весьма актуальным является обнаружение полей концентраций взрывоопасных сред на ранних стадиях аварии (рис. 1, стадии I и II).

Обычные лабораторные анализы дают информацию только о промежуточном состоянии процесса и, как правило, со значительным опозданием в отношении оперативной оценки сложившейся ситуации.

Автоматический аналитический контроль обеспечивает оперативное определение концентрации контролируемого компонента в анализируемой смеси, показание и (или) запись результата измерения, а при необходимости – выдачу светозвукового сигнала и команд на исполнительные устройства.

Автоматический анализатор действует полностью автоматически и может быть использован в составе систем автоматического регулирования, а также в схемах автоматической противоаварийной защиты. Он представляет собой стационарное устройство непрерывного действия.

Для автоматизации процесса обнаружения газопаровоздушных сред применяют газоанализаторы, определяющие концентрацию в воздухе того или иного горючего газа, пара или их совокупности. Оценка взрывоопасности среды производится путем сопоставления

полученных данных со значениями нижних пределов воспламенения этих газов или паров.

Сравнительные характеристики основных видов стационарных газоанализаторов приведены в табл. 1.

Таблица 1. **Принцип действия, достоинства и недостатки различных типов датчиков газоанализаторов**

Параметр	Термокаталитические датчики	Электрохимические датчики	Полупроводниковые датчики	Оптические датчики
Принцип действия	Основан на каталитическом окислении молекул контролируемых веществ на поверхности чувствительного элемента сенсора и преобразовании выделяющегося тепла в электрический сигнал	Анализируемый газ вступает в химическую реакцию с электролитом ячейки, возникают ионы, начинает протекать ток, пропорциональный концентрации анализируемого компонента в пробе	Основан на изменении поверхностного сопротивления полупроводникового материала в результате адсорбции детектируемого газа	Основан на способности молекул избирательно поглощать инфракрасное излучение. Каждый газ имеет свои, характерные только для него полосы поглощения
Быстродействие	т 0,01 с	От 10 с	20 с	0,1 с
Диапазон измерений	Ограниченный – из-за отравления высокими концентрациями контролируемых и сопутствующих газов. Не выносит перегрузки 0-5 об.д. %	Ограниченный – из-за отравления электролита высокими концентрациями контролируемых и сопутствующих газов 0-5 об.д.%	Ограниченный – из-за отравления чувствительного слоя высокими концентрациями контролируемых и сопутствующих газов 0-5 об.д.%	Широкий 0-100 об.д. %
Неотравляемость	Отравляется высокими концентрациями контролируемых и сопутствующих газов	Отравляется высокими концентрациями контролируемых и сопутствующих газов	Отравляется высокими концентрациями контролируемых и сопутствующих газов	Не отравляются высокими концентрациями контролируемых и сопутствующих газов, а также наличием в атмосфере активных реагентов
Чувствительность	Средняя 1 000 ppm	Высокая 1-10 ppm	Высокая 1-10 ppm	Очень высокая 1 ppm
Долговечность	Низкая - из-за отравления активной поверхности сенсора	Низкая - из-за отравления электролита сенсора	Низкая - из-за отравления активной поверхности	Высокая - из-за отсутствия контакта между активной поверхностью датчика и контролируемой средой
Селективность	Низкая Неселективный	Низкая Неселективный	Низкая Неселективный	Высокая
Способность работать без кислорода в атмосфере	Наличие кислорода обязательно	Зависит от типа электрохимического сенсора	Наличие кислорода обязательно	Наличие кислорода не обязательно
Цена	Низкая	Средняя,зависит от типа контролируемого газа	Низкая	Относительно высокая

Конструктивно газоанализатор для промышленных объектов, как правило, имеет многоблочную конструкцию, включающую первичные преобразователи – датчики (блоки датчиков), а также блок сигнализации и питания (пороговое устройство).

В последние годы все большее распространение получают газоаналитические системы, которые включают набор различных датчиков, имеющих унифицированный выходной сигнал и использующих стандартный канал связи. Они предназначены для измерения уровней взрывоопасных концентраций непосредственно в рабочей зоне помещений и открытых пространств вокруг технологического оборудования и выдачи предупредительной и аварийной сигнализации о достижении значений заданных порогов концентрации газопаровоздушной смеси оператору технологической установки или персоналу объекта, а также для реализации программ автоматической противоаварийной защиты.

Такие системы обладают гибкостью в конфигурации и универсальностью, что позволяет эффективно и экономично использовать их для автоматизированного комплексного контроля и обнаружения на объекте не только взрывоопасных, но и токсичных газов, а также, в частности, содержания кислорода и угарного газа CO.

Характерным примером таких систем являются СКАПО (ФГУ «СПО Аналитприбор», г. Смоленск), ИГС-98 (ФГУП «НПП «Дельта», г. Москва), СГАС-ТН (РНИИ «Электронстандарт», г. Санкт-Петербург).

Принцип действия газоанализаторов основан на различных физических или физико-химических эффектах.

Анализаторы, основанные на физических методах контроля, измеряют некоторую физическую величину, для которой точно определена ее зависимость от состава анализируемой смеси. Важным свойством таких анализаторов является отсутствие при измерениях количественных изменений анализируемого вещества. Однако дополнительные трудности при их создании и эксплуатации создает зависимость значений измеряемых физических величин от ряда мешающих факторов, например давления, температуры и концентрации сопутствующих компонентов.

Анализаторы, использующие физико-химические принципы измерения, контролируют параметры, сопровождающие химическую реакцию, в которой участвует либо само определяемое вещество, либо оно оказывает существенное влияние на ее ход.

Термохимические газоанализаторы-сигнализаторы

Среди методов, применяемых для определения концентрации в атмосферном воздухе горючих газов или паров горючих жидкостей, наибольшее распространение в промышленности получил термохимический метод. Сущность его заключается в измерении теплового эффекта (повышения температуры) от реакции окисления горючих газов и паров на каталитически активном элементе датчика и дальнейшем преобразовании полученного сигнала.

Датчик сигнализатора, используя тепловой эффект каталитического окисления горючих газов и паров, формирует электрический сигнал U_C, пропорциональный их концентрации C с различными коэффициентами пропорциональности $k_{\text{п}}$ для различных веществ:

$$U_C = k_{\text{п}}\, C.$$

При горении различных газов и паров термохимический датчик выдает сигналы, разные по величине. Одинаковым уровням в % от нижнего концентрационного предела распространения пламени (НКПР) различных газов и паров в воздушных смесях соответствуют неравные выходные сигналы датчика. Термохимический датчик не избирателен. Его сигнал характеризует уровень взрывоопасности, определяемый суммарным содержанием горючих газов и паров в воздушной смеси.

В случае контроля совокупности горючих компонентов, в которой содержание отдельных, заранее известных веществ может колебаться от нуля до какой-то концентрации, это приводит к погрешности контроля даже при нормальных условиях.

Данный фактор учтен заданием границ диапазона сигнальных концентраций и допуском на их изменение – пределом допускаемой основной абсолютной погрешности срабатывания. Пределы измерения сигнализатора – это наименьшее и наибольшее значение концентрации определяемого компонента, в пределах которых сигнализатор осуществляет измерение с погрешностью, не превышающей заданную.

Современная промышленность выпускает два типа термохимических газоанализаторов-сигнализаторов: с конвекционно-диффузионной и с принудительной подачей анализируемой среды. Сигнализаторы с конвекционной подачей состоят из блока сигнализации и питания, а также одного или нескольких *датчиков* в соответствии с количеством каналов.

Сигнализаторы с принудительной подачей среды состоят из блока сигнализации и питания, а также одного или нескольких блоков датчика в соответствии с количеством каналов. Блок датчика предназначен для принудительного забора контролируемой среды на анализ.

Датчики сигнализатора с конвекционно-диффузионной подачей устанавливаются непосредственно в помещении или на открытых площадках, где необходимо контролировать наличие в воздухе довзрывоопасных концентраций горючих газов и паров. Устройство конвекционно-диффузионного датчика термохимического сигнализатора показано на рис. 2.

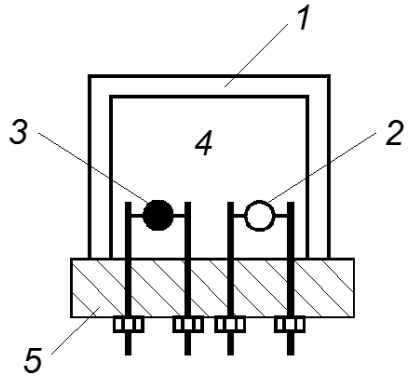


Рис. 2. **Устройство конвекционно-диффузионного датчика термохимического сигнализатора**

1 – газообменный фильтр из пористой металлокерамики; *2* – чувствительный элемент; *3* – компенсирующий элемент; *4* – реакционная камера; *5* – изоляционная колодка

Глубину и скорость реакции окисления устанавливают выбором соответствующих температуры и катализатора.

Чувствительный элемент датчика представляет собой шарик диаметром 1 мм из γ-окиси алюминия, пропитанный платино-палладиевым катализатором. Через каталитически активный элемент проходит платиновая спираль, припаянная к токопроводам. Токопровода запрессованы в основание датчика из изоляционного материала. Это основание вместе с газообменным фильтром образует реакционную камеру, в которой находятся чувствительный и компенсирующий элементы датчика (рис. 2). Соединение газообменного фильтра с корпусом датчика неразъемное, выполненное склеиванием с дополнительным креплением кожухом.

Платиновая спираль разогревает каталитически активный элемент до температуры 360 °С. Сигнал о появлении в воздухе довзрывоопасных концентраций горючих газов и паров формируется на каталитически активном элементе за счет дополнительного повышения температуры (до 40 °С) на поверхности элемента вследствие окисления горючих газов и увеличения сопротивления платиновой спирали. Компенсирующий элемент

выполнен без пропитки катализатором.

Электрическая измерительная схема газоанализаторов-сигнализаторов представляет собой неуравновешенный мост. Чувствительный и компенсирующий элементы расположены в датчике, остальные сопротивления мостовой схемы выполнены из манганина и расположены во вторичном приборе.

Блоки сигнализации и питания сигнализаторов в соответствии с требованиями ГОСТ 12997-84 изготавливаются в обыкновенном исполнении с маркировкой по степени защиты оболочки IP00 или IP20 и должны быть установлены за пределами взрывоопасных зон. Датчики и блоки датчика выполнены взрывозащищенными с маркировкой взрывозащиты 1ExdIICT4 или 1ExdibIICT6 по ГОСТ 12.2.020-76 и могут эксплуатироваться во взрывоопасных зонах помещений всех классов и наружных установок согласно «Правилам устройства электроустановок» и другим документам, регламентирующим применение электрооборудования во взрывоопасных условиях.

Блок датчика с принудительной подачей выполнен в виде панели, предназначенной для щитового монтажа. На панели размещены элементы блока в соответствии со схемой пневматической принципиальной (рис. 3). В блоке датчика применяется тот же датчик, что и в сигнализаторах с конвекционной подачей среды. Однако вместо защитного кожуха используется защитный колпак, через штуцеры которого подается контролируемая среда.

Схема пневматическая обеспечивает принудительную подачу на датчик: анализируемой среды в режиме анализа; воздуха в режиме контроля нуля; поверочной смеси в режиме поверки сигнализатора.

В качестве побудителя расхода используется эжектор воздушный Н, задающий разряжение в тракте. Эжектор включается в линию сжатого воздуха через фильтр воздушный Ф и редуктор давления воздуха РД.

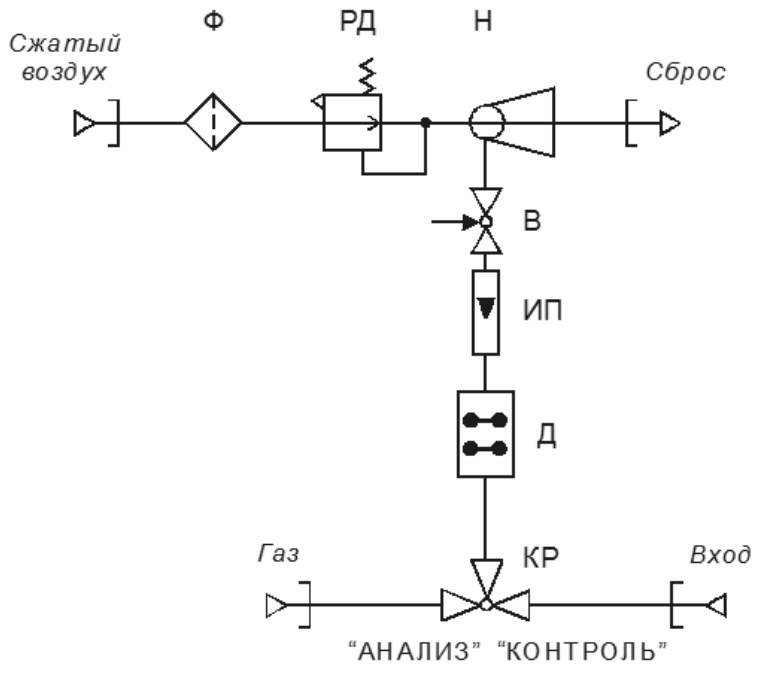


Рис. 3. **Схема пневматическая принципиальная блока датчика с принудительной подачей контролируемой среды:**

Ф – фильтр воздуха; РД – редуктор давления воздуха; Н – эжектор воздушный; ИП – ротаметр; В – вентиль точной регулировки расхода смеси; Д – датчик; КР – кран трехходовой

В режиме анализа через штуцер «Газ» и кран трехходовой КР в положении «АНАЛИЗ» контролируемая среда поступает на датчик Д и через ротаметр ИП и эжектор Н сбрасывается вместе со сжатым воздухом.

В режиме контроля через штуцер «Вход» и кран трехходовой КР в положении «КОНТРОЛЬ» чистый воздух или поверочная смесь точно так же подается на датчик и через ротаметр и эжектор на сброс.

Сигнализаторы, укомплектованные датчиками с принудительной подачей контролируемой среды (блоки датчика), требуют наличия в месте установки датчика линии сжатого воздуха давлением от 0,25 до 0,60 МПа (от 2,5 до 6 кгс/см^2). Объемный расход контролируемой среды через датчик, в соответствии с техническим описанием прибора, устанавливается в пределах 25-48 л/ч.

Потребности современной промышленности привели к разработке новых модификаций универсальных приборов на сумму горючих газов и паров – СТХ, «ЩИТ», СТМ-10, СТМ-30, ГАЗОТЕСТ-3001/3003.

Газоаналитические оптические приборы и системы

Традиционно применяемые для контроля взрывоопасных сред термокаталитические и электрохимические сенсоры наряду с очевидными достоинствами имеют ряд недостатков и все больше сдают свои позиции, уступая оптическим по диапазону измерений, чувствительности, неотравляемости, быстродействию, селективности, цене, долговечности, способности работать в бескислородной атмосфере (табл 2).

Одним из наиболее перспективных является физический оптико-абсорбционный метод, использующий контроль поглощения анализируемым газом энергии инфракрасного излучения. На нем основан принцип действия ряда современных датчиков газоанализаторов.

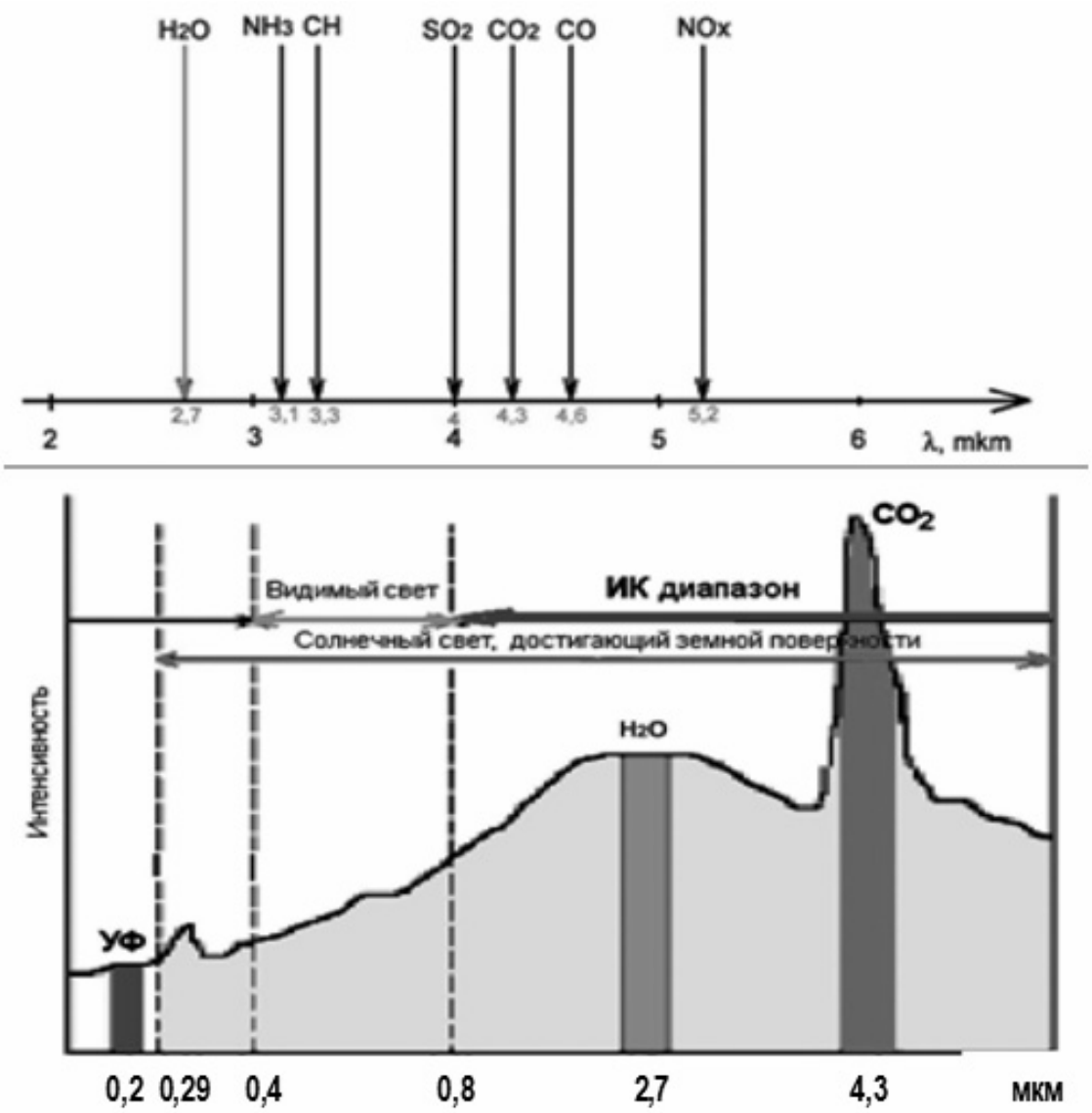
На рис. 4 представлены спектры поглощения метана и более тяжелых предельных углеводородов, а также используемые спектральные интервалы. Многие газы имеют характерные полосы поглощения инфракрасного излучения, обусловленного изменением колебательно-вращательного состояния молекул газа. Поглощение излучения в области полосы, соответствующей определяемому газу, пропорционально его концентрации. Оптические датчики работают в диапазоне от 2 до 6 мкм, а также в ближнем УФ диапазоне. В этой области имеют полосы поглощения большинство токсичных и горючих газов.

Таким образом, на основе оптических датчиков можно обеспечить как контроль предельно допустимой концентрации, так и довзрывоопасных концентраций в % НКПР.

Конструктивно такие датчики состоят из основного герметичного и вводного отделений. Излучение в инфракрасном диапазоне частот из герметичного отделения через специальное окно проникает в негерметизированный вводный отсек, в котором присутствует анализируемая газовая смесь, и, отразившись от зеркала, через то же самое окно возвращается в основное отделение, где попадает на фотоприемник. В основном отделении находится электронная схема, которая анализирует формируемое оптическое излучение и преобразует его в выходной унифицированный электрический токовый сигнал, соответствующий диапазону измеряемых концентраций газов и изменяющийся в пределах от 4 до 20 мА. При превышении значения выходного тока датчика установленного порогового значения (уставки) формируются выходные сигналы, сигнализирующие о появлении тревожной ситуации на контролируемом объекте.

Примером современных оптических датчиков являются преобразователи серии СКВА-01-1Е, ДГО, ДАК различного исполнения, входящие в состав соответствующих газоаналитических систем.

Инфракрасные датчики могут эксплуатироваться во взрывоопасных зонах, а также там, где типичные «отравители» катализа нарушают нормальную работу термохимических газоанализаторов.



Спектр углеводородного пламени

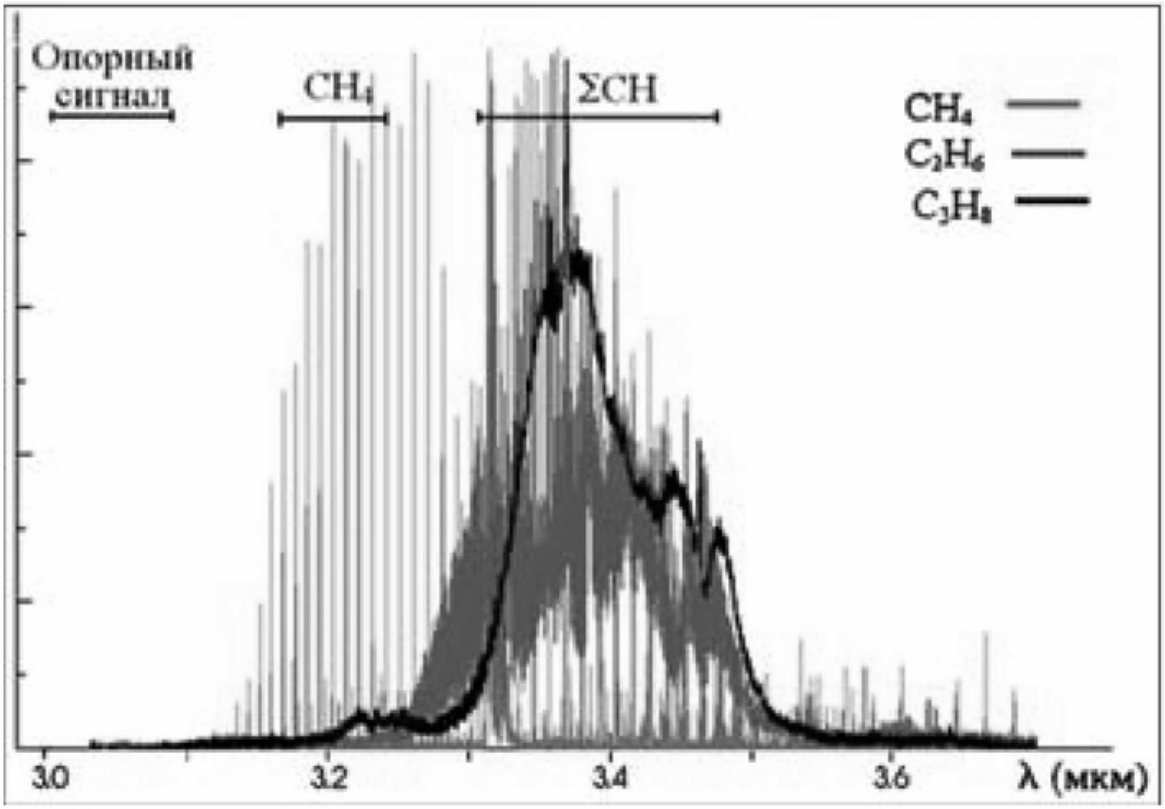


Рис. 4. **Спектры поглощения предельных углеводородов и используемые спектральные интервалы**

Срок службы таких датчиков практически не ограничен, что позволяет использовать их без замены в течение всего срока службы системы (не менее 10 лет).

Требования к установке газоанализаторов

Условия эксплуатации, особенности применения, монтажа и порядок установки автоматических стационарных газоанализаторов-сигнализаторов регламентированы «Правилами пожарной безопасности при эксплуатации предприятий химической промышленности», «Общими правилами взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств (ПБ 09-540-03)», «Требованиями к установке сигнализаторов и газоанализаторов (ТУ-газ-86)» и инструкциями заводов-изготовителей. В соответствии с этими документами проектные организации определяют тип, количество газоанализаторов и места отбора проб газопаровоздушных

смесей с учетом местных условий, физико-химических и взрывопожароопасных свойств обращающихся веществ и технологических особенностей производства.

Согласно ТУ-газ-86, сигнализаторы довзрывоопасных концентраций необходимо устанавливать во взрывоопасных зонах классов В-1а, В-1б, В-1г, а также в заглубленных помещениях с нормальной средой, куда возможно затекание горючих газов и паров. Вторичные приборы газоанализаторов должны автоматически включать светозвуковую сигнализацию, оповещающую о наличии опасных концентраций взрывоопасных и вредных веществ.

При необходимости от импульса датчиков довзрывоопасных концентраций предусматривается автоматическое отключение технологического оборудования или включение системы защиты.

Световой и звуковой сигналы о наличии взрывоопасных концентраций подаются для постоянно обслуживаемых помещений – в загазованное помещение, для периодически обслуживаемых помещений – у входа в помещение. Данные сигналы также одновременно подаются в операторную или пункт управления производственным комплексом.

Сигналы о срабатывании датчика-сигнализатора довзрывоопасных концентраций, установленного на открытой площадке, необходимо подавать в операторную или пункт управления производственным комплексом – световой и звуковой; на открытую площадку – только звуковой. Световая сигнализация оформляется в виде светового табло, устанавливаемого в хорошо обозреваемом месте, отдельно от сигнализации параметров технологического контроля.

В производственных помещениях с наличием аварийной вытяжной вентиляции блоки сигнализации и питания блокируются с пуском аварийной вентиляции. Она должна автоматически включаться в работу при срабатывании датчиков-газоанализаторов.

Газоанализаторы устанавливаются в *производственных помещениях,* наиболее опасных с точки зрения возможности образования взрывоопасных смесей (компрессорные горючих газов, насосные сжиженных газов, насосные и складские помещения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и т.п.). Поэтому отбор проб контролируемого воздуха предусматривается в местах наиболее вероятного выделения и скопления газов и паров в зависимости от их свойств, количества, а также конструктивных особенностей технологического оборудования.

Пробоотборные устройства сигнализаторов размещаются с учетом плотности газов и паров относительно воздуха в соответствии с указаниями приложения 1 ТУ-газ-86. При наличии в производственном помещении смеси горючих газов и паров с различными плотностями пробоотборные устройства сигнализаторов размещаются по высоте, исходя из плотности того компонента смеси, для которого величина соотношения *С*/НКПР – наибольшая.

Правила размещения датчиков *газоанализаторов на открытых технологических установках* несколько отличаются от правил размещения датчиков в производственных помещениях. Эти отличия обусловлены высокой вероятностью образования зон взрывоопасных концентраций на промышленной территории как при нормальном (регламентном) режиме работы технологического оборудования, так и при аварийной разгерметизации (полной или частичной) аппаратов, технологических трубопроводов, приводящей к мгновенному выбросу большого количества углеводородного топлива, загазованности территории и образованию облака ТВС. Кроме того, надежному обнаружению не должна мешать неопределенность времени образования и координат области сигнальной концентрации (5–50 % НКПР) обусловленная большим числом факторов, которые влияют на рассеивание взрывоопасного облака (скорость и направление ветра на момент аварии, характеристика и производительность источника выброса, рельеф местности, состояние атмосферы и т.д.).

Таблица 2. **Автоматические стационарные сигнализаторы довзрывоопасных концентраций горючих газов и паров**

Наименование и тип сигнализатора	Определяемый компонент	Среда, в которой определяется компонент	Диапазон сигнализируемых концентраций, %, индикация, время срабатывания сигнализатора, *с*	Допустимая погрешность срабатывания сигнализации	Маркировка по взрывозащите
1	2	3	4	5	6
Сигнализатор термохимический СТХ-6 с датчиками: ДТХ-118 – конвекционно-диффузионный, ДТХ-119 – с принудительной подачей контролируемой среды	Горючие газы, пары и их смеси	Воздух во взрывоопасных помещениях	5-50 % НКПР. Индикация наличия или отсутствия сигнализируемой концентрации без оценки ее величины. Расход анализируемой смеси – 25 *л/ч.* Время срабатывания – не более 10 *с*	(25±19) % НКПР метано-воздушной смеси	1ExIICT6
Сигнализатор термохимический СТХ-7М	Горючие вещества в воздухе, в том числе: этиловый спирт (140-170 °С); бензин «Калоша» (50-100 °С); толуол (20-100 °С);ацетон (20-100 °С)	Воздушная среда при температуре до 200 °С	В пределах 6-65 % НКПР Начало сигнальной зоны соответствует диапазону сигнальных концентраций	± 7,5 % НКПР (по поверочному продукту)	1ExdibsIIBT3

1	2	3	4	5	6
Сигнализатор термохимический СТХ-11 с датчиками: ДТХ-135 – конвекционный, ДТХ-136 – с принудительной подачей контролируемой пробы	Горючие газы, пары и их смеси (134 вещества, в том числе нефть и бензин)	Воздух во взрывоопасных помещениях всех классов и в емкостях	В пределах 0-100 % НКПР. Диапазон сигнальных концентраций 18-20 % НКПР. Два настраиваемых порога срабатывания, световая и звуковая сигнализация. Время срабатывания - не более 10 *с*	± 5 % НКПР	1ExdibIICT6
Сигнализатор термохимический СТХ-11 с датчиками: ДТХ-135 – конвекционный, ДТХ-136 – с принудительной подачей контролируемой пробы	Горючие газы, пары и их смеси (134 вещества, в том числе нефть и бензин)	Воздух во взрывоопасных помещениях всех классов и в емкостях	В пределах 0-100 % НКПР. Диапазон сигнальных концентраций 18-20 % НКПР. Два настраиваемых порога срабатывания, световая и звуковая сигнализация. Время срабатывания – не более 10 *с*	± 5 % НКПР	1ExdibIICT6
Сигнализатор термохимический СТХ-12	Этилен, винилхлорид, пары дихлорэтана, их смеси	Воздух производственных помещений	8-50 % НКПР. Время срабатывания – не более 25 *с*	± 7,5 % НКПР	1ExdibsIIBT2
Сигнализатор термохимический «Щит-2» с датчиками: ДТХ-127 (конвекционно-диффузионный), ДТХ-128 (с принудительной подачей контролируемой среды)	Горючие газы, пары и их смеси (102 вещества)	Воздух во взрывоопасных помещениях всех классов и в емкостях	5-50 % НКПР. Расход анализируемой смеси - 25 *л/ч.* Время выдачи сигнала - до 10 *с*	± 5 % НКПР с метановоздушной средой	1-канальный и 5-канальный. 1ExdibIICT6 (датчик ДТХ-127); БСиП – 1ExibIICT6

1	2	3	4	5	6
Сигнализатор термохимический СТМ-10, СТМ-30-50 с диффузионной (от -60 до +50 °С), принудительной (от +1 до +50 °С) или пневматической (эжектор) подачей пробы	Горючие газы, пары и их смеси (140 веществ)	Воздух производственных помещений и открытых пространств	0-50 % НКПР. Имеется два перестраиваемых уровня срабатывания сигнализации концентрации. Время срабатывания сигнализации – 7 с	± 5 % НКПР, аналоговый выход - 4-20 мА	1-канальный. Датчик - 1ExdibIICT6 (T3) Блок датчика-1ExibIICT6X
Газоанализатор-сигнализатор ГАЗОТЕСТ-3001/3003	Горючие газы и пары, а также их смеси, создающие взрывоопасные концентрации	Воздух производственных помещений	Прибор непрерывного действия, 0-100 % НКПР.	± 5 % НКПР, аналоговый выход - 4-20 мА	1ExibsIICT6 Количество каналов 1 - 3
Сигнализатор пламенно-ионизационный СДК-3	Взрывоопасные органические вещества (263 вещества, в том числе: метан, этилен, бензин, бензол, ксилол)	Воздух рабочей зоны. Допускается наличие примесей хлора, хлористого водорода, паров соляной кислоты	Более 14,2 % НКПР. Расход контролируемой среды – 20-26 *л/ч*. Время срабатывания – 4, 5, 20 *с* или ненормировано (в зависимости от определяемого компонента)	(± 25,8-9,2) % НКПР. Срабатывает при 40 % НКПР и выше, не срабатывает - при 5 % НКПР и ниже	1ExdibsIICT5X
Сигнализаторы взрывоопасности искровые пневматические одноточечные, СВИП-1, СВИП-4	Горючие газы и пары, а также их смеси, создающие взрывоопасные концентрации	Воздух производственных помещений	Приборы постоянного циклического действия. Длительность цикла – (45± 5) *с.* Сигнальная точка - 20 % НКПР .Время выдачи сигнала – до 30 *с* (без учета запаздывания в газоподводящих линиях)	± 10 % НКПР	1ExdIICT5

1	2	3	4	5	6
Сигнализатор взрывоопасности искровой пневматический 4-точечный СВИП-2	Горючие газы и пары, а также их смеси, создающие взрывоопасные концентрации	Воздух производственных помещений	Прибор постоянного циклического действия. Длительность цикла - (45± 5) *с*. Сигнальная точка - 20 % НКПР	±10 % НКПР	1ExdIICT5
Датчики-сигнализаторы инфракрасные диффузионные ДАК-CH_4-100, ДАК-CH_4-100В ДАК-C_3H_8-100, ДАК-C_3H_8-100В	 Метан Пропан	Воздух производственных помещений и открытых площадок	Диапазон измерений (0-100) % НКПР	± 5 % НКПР	1ExdIICT6X
Датчики-сигнализаторы термохимические диффузионные ДАТ, ДАТ-Н	Сумма горючих газов	Воздух производственных помещений и открытых площадок	Фиксированный порог 11 % НКПР Световая индикация	± 5 % НКПР по метану	1ExdIICT6X
Газосигнализатор ИГС-98 с полупроводниковым датчиком суммы углеводородов "Бином С" (СГ-212)	СхНу – 0,0001 – 5%	Воздух производственных помещений и открытых площадок	0-20 % НКПР Светозвуковая сигнализация – 20% НКПР Время срабатывания – не более 30 с.	25 % НКПР	1ExdiaIICT4X

Литература

1. Абросимов А.А., Топольский Н.Г., Федоров А.В. Автоматизированные системы управления противопожарной защитой нефтеперерабатывающих производств. М.: АГПС МВД России , 2000. 252 с.

2. Автоматический аналитический контроль взрывоопасности воздушной среды промышленных объектов / В.И. Фомин, А.В. Фёдоров, А.А. Лукьянченко, Д.К. Костюченков // Пожаровзрывобезопасность. 2004. № 4. С. 49–54.

3. ТУ-газ-86. Правила установки газоанализаторов и сигнализаторов.

4. БТ 39-0147171-003-88. Требования к установке датчиков стационарных газосигнализаторов в производственных помещениях и на наружных площадках предприятий нефтяной и газовой промышленности.

5. Способ размещения приборов на открытых технологических установках нефтеперерабатывающих производств: пат. Рос. Федерации № 98118486/12. / Федоров А.В.

ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ГЕОДИНАМИЧЕСКИМ РИСКОМ В ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

В.А. Минаев, доктор технических наук, профессор.
Российский новый университет, Москва.
А.О. Фаддеев, кандидат физико-математических наук, доцент.
Академия ФСИН России, г. Рязань.
Р.М. Данилов. Дальневосточный юридический институт МВД России, г. Хабаровск

Работа посвящена вопросам управления геодинамическим риском в территориальных социально-экономических системах. Предложена методика аналитического построения системы управления геодинамическим риском на примере территориальной социально-экономической системы регионального масштабного уровня. Рассмотрена процедура оптимизации системы управления в условиях чрезвычайных ситуаций геодинамического характера.

Ключевые слова: технология управления, геодинамический риск, территориальные социально-экономические системы, система регионального уровня

CREATION OF THE CONTROL SYSTEM BY GEODYNAMIC RISK IN TERRITORIAL SOCIAL AND ECONOMIC SYSTEMS

V.A. Minaev. Russian new university, Moscow.
A.O. Faddeev. Academy of Federal Service of Punishments Execution, Ryazan.
R.M. Danilov. Far East legal institute of the Russian Internal Affairs Ministry, Khabarovsk

Article is devoted to questions of management by geodynamic risk in territorial social and economic systems. The technique of management is considered bu the example of a regional level system.

Key words: technique of management, geodynamic risk, territorial social and economic systems, regional level system

Задача обеспечения безопасности человека, общества и природной среды представляет собой сложную многоуровневую и многоаспектную проблему [1–9]. В настоящее время в качестве концепции развития общества рассматривается концепция

устойчивого (стабильного) развития [1, 3, 5, 10–12, 14]. Данная концепция явилась отправной точкой не только для «Декларации по окружающей среде и устойчивому развитию», но и для другого важного документа, подписанного в Рио-де-Жанейро – «Повестка дня на XXI век».

Одной из насущных проблем при претворении в жизнь данной концепции является решение задачи обеспечения безопасности населения и территорий от опасных природных и природно-техногенных явлений и процессов, в частности процессов и явлений геодинамического происхождения.

Для ее решения на какой-либо территории, называемой далее территориальной социально-экономической системой (ТСЭС), необходима четкая стратегия управления природно-техногенной безопасностью геодинамического происхождения (называемая далее геодинамической безопасностью), направленная на осуществление устойчивого развития данной системы.

Рассматривая данный вопрос с позиций системного подхода, авторами ранее было предложено рассматривать среду ТСЭС как пространство динамических квадруполей, между которыми установлены многозначные вероятностно-детерминированные соответствия, подчиняющиеся синхронизированным периодическим изменениям, а определение уровня геодинамического риска и выбор механизма управления им сводится к задаче анализа структуры пространства динамических квадруполей и оценки его состояния [15, 16]. При этом очень важным является учет не только природно-техногенного, но и социально-антропологического фактора.

На основании данного подхода предлагается технология аналитического построения проблемно-ориентированной функциональной системы управления (ФСУ) геодинамическим риском для ТСЭС – совокупности реализуемых в составляющих ТСЭС процедур, назначение которых состоит в превентивном, основанном на количественных оценках, определении стратегии безопасного и устойчивого развития ТСЭС.

Технология аналитического построения функциональной системы управления геодинамическим риском

Без потери общности рассмотрим реализацию данной технологии на примере ТСЭС туристско-рекреационного назначения, поскольку в последнее время для этого типа территорий вопросы обеспечения их безопасного и устойчивого развития становятся все более актуальными.

ФСУ геодинамическим риском для ТСЭС туристско-рекреационного назначения представляет собой функцию от нескольких переменных (функций-компонент) $V = f(V_R, V_K, V_N, V_C, V_P)$:

$$V(\eta) = \lambda_1 V_R(\eta) + \lambda_2 V_K(\eta) + \lambda_3 V_N(\eta) + \lambda_4 V_C(\eta) + \lambda_5 V_P(\eta), \qquad (1)$$

где λ_i $(i = 1, \mathrm{K}, 5)$ – «веса» (значимости) функций компонент; η – характеристическое время ($\eta \in [0; 1]$).

Каждая из функций-компонент также представляет собой достаточно сложную функциональную зависимость (табл. 1).

Все функции, входящие в соотношение (1), имеют физический смысл интенсивности и полезности управляющего воздействия для конкретной ТСЭС в заданный момент характеристического времени. В плане оптимизации управляющих воздействий значимым является вопрос оценки коэффициентов λ_i, входящих в уравнение (1).

Таблица 1. **Характеристики функции управления геодинамической безопасностью ТСЭС туристско-рекреационного назначения**

№	Название функции-компоненты	Обозначение функции компоненты	№	Названия характеристик функций-компонент	Обозначения характеристик
I	Процедура ранжирования уровня безопасности	V_R	1	Сезонность	V_{R1}
			2	Вид туризма	V_{R2}
			3	Территориальный признак	V_{R3}
			4	Относительная туристская наполняемость ТСЭС	V_{R4}
			5	Длительность туристского мероприятия	V_{R5}
II	Процедура определения классов оцениваемых опасностей	V_K	1	Мониторинг окружающей среды	V_{K1}
			2	Оценка характеристик среды по данным мониторинга	V_{K2}
			3	Математическое моделирование опасностей	V_{K3}
			4	Установление ранее неизвестных характеристик среды по результатам математического моделирования	V_{K4}
III	Процедура разработки рекомендательной документации	V_N	1	Прогноз состояния оцениваемой ТСЭС	V_{N1}
			2	Разработка рекомендаций, норм и правил	V_{N2}
			3	Разработка стратегии управления	V_{N3}
IV	Процедура регулирования туристско-рекреационной деятельности	V_C	1	Инженерная защита	V_{C1}
			2	Организационно-административное регулирование	V_{C2}
			3	Информационное регулирование	V_{C3}
V	Процедура оптимизации управленческой деятельности в ТСЭС	V_P	1	Мониторинг управления	V_{P1}
			2	Корректировка прогноза	V_{P2}
			3	Оптимизация стратегии управления	V_{P3}

Под характеристическим временем понимаются относительные значения величины η, принадлежащие интервалу, соответствующему периоду времени (циклу управления), по истечении которого среда ТСЭС либо переходит в режим самоуправления, либо необходимо повторное принудительное управляющее воздействие. В качестве реального цикла управления может быть взят любой временной интервал (месяц, год, десятилетие и т.п.). Для унификации предлагаемого подхода этот интервал принимается в относительных единицах, то есть интервал вида $[0;1]$.

Методически при аналитическом построении функциональной системы управления весь цикл управления удобно разбить на четыре равных интервала (подцикла) η_I, η_{II}, η_{III}, η_{IV}.

За время функционирования подцикла $[\eta_I;\eta_{II}]$ идет формирование первоначальной структуры управления, собирается информация о системе, над которой осуществляется процедура управления.

За время функционирования подцикла, соответствующего интервалу $[\eta_{II};\eta_{III}]$, осуществляется прогнозная оценка состояния среды ТСЭС и разработка соответствующих рекомендаций, норм и правил по снижению или предотвращению угроз и рисков, исходящих от опасных природных и природно-техногенных процессов геодинамического происхождения.

Подцикл, соответствующий интервалу $[\eta_{III};\eta_{IV}]$, связан с осуществлением мониторинга самой системы управления, выполняется корректировка прогноза (прогнозных моделей) и выполняется оптимизация стратегии управления, если это необходимо.

При определении видов функций-компонент ФСУ необходимо полагать, что они являются определенными, непрерывными и дифференцируемыми на всем интервале характеристического времени $\eta \in [0;1]$.

Исходя из предложенной авторами ранее структуры цикла управления геодинамическим риском в ТСЭС туристско-рекреационного назначения [15, 17, 18], процедура определения классов оцениваемых опасностей и процедура оптимизации управленческой деятельности должны носить периодический характер. При этом необходимо иметь в виду, что значения компонент $V_K(\eta)$ и $V_P(\eta)$ являются неотрицательными, то есть они должны определяться в соответствии со следующими функциональными зависимостями:

$$V_K(\eta) = \left| V_{K\max} \sin \frac{2\pi}{T_K} \eta \right|, \tag{2}$$

$$V_P(\eta) = \left| V_{P\max} \sin \frac{2\pi}{T_P} \eta \right|. \tag{3}$$

Величины $V_{K\max}$ и $V_{P\max}$ в соотношениях (2) и (3) имеют физический смысл максимальной «амплитуды колебаний» значений указанных функций-компонент на заданном интервале характеристического времени η. Величины T_K и T_P – периоды «колебаний» функций $V_K(\eta)$ и $V_P(\eta)$ соответственно, причем, согласно схеме цикла управления геодинамическим риском в ТСЭС туристско-рекреационного назначения [15, 17, 18], для функции $V_K(\eta)$ период T_K будет составлять 0,25, для функции $V_P(\eta)$ период $T_P = 0{,}5$.

Процедура выработки рекомендаций, норм и правил $V_N(\eta)$ является постоянно действующей процедурой. В функциональном отношении компонента $V_N(\eta)$ есть неубывающая функция, которая должна достигнуть некоторого предельного для нее значения, имеющего физический смысл «насыщения» поля рекомендаций, норм и правил нормативно-правовой документацией, когда появление новых нормативно-правовых документов не только не облегчает осуществление процедуры управления, но и значительно ее усложняет, а то и вовсе препятствует эффективному управлению геодинамическим риском в ТСЭС. Поэтому функция-компонента $V_N(\eta)$, на основании изложенного, представлена следующим соотношением:

$$V_N(\eta) = b_1 \eta e^{-b_2 \eta},$$

где b_1 и b_2 – некоторые коэффициенты, определяемые из граничных условий, накладываемых на функцию-компоненту $V_N(\eta)$ на интервале характеристического времени $[0;1]$.

Процедура регулирования туристско-рекреационной деятельности $V_C(\eta)$ так же, как и компонента $V_N(\eta)$, является постоянно действующей процедурой на всем интервале характеристического времени η. В функциональном отношении компонента $V_C(\eta)$ является монотонно возрастающей функцией, достигающей на правой границе интервала характеристического времени $[0;1]$ некоторого максимального значения, определяемого на основании реальных данных для конкретной рассматриваемой ТСЭС туристско-рекреационного назначения. Поэтому оптимальным видом функциональной зависимости для компоненты $V_C(\eta)$, по мнению авторов, будет соотношение вида:

$$V_C(\eta) = c_1 \eta e^{c_2 \eta},$$

где c_1 и c_2 – некоторые коэффициенты, определяемые из граничных условий, накладываемых на функцию-компоненту $V_C(\eta)$ на интервале характеристического времени $[0;1]$.

Функцию-компоненту $V_R(\eta)$ (ранжирование уровня безопасности) оптимально с рассматриваемых нами позиций представить в виде полиномиальной зависимости, полагая, что в ней коэффициент $\alpha_0 = 0$. Примем для определенности степень полинома $n = 6$, то есть

$$V_R(\eta) = \sum_{n=1}^{6} \alpha_n \eta^n .$$

При подобном подходе компоненты функциональной системы управления на протяжении всего цикла управления могут быть представлены в виде следующей системы уравнений:

$$\begin{cases} V_R(\eta) = \sum_{n=1}^{6} a_n \eta^n, \qquad V_K(\eta) = \left| V_{K\max} \sin \frac{2\pi}{T_k} \eta \right|, \quad V_P(\eta) = \left| V_{P\max} \sin \frac{2\pi}{T_p} \eta \right|, \\ V_N(\eta) = b_1 \eta e^{-b_2 \eta}, \qquad V_C(\eta) = c_1 \eta e^{c_2 \eta}. \end{cases} \tag{4}$$

Результаты численного синтеза функциональной системы управления геодинамическим риском

Представляя ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС как поликомпонентный поток управляющих воздействий, мы можем численно оценить состояние ФСУ в каждый интересующий нас момент характеристического времени. Затем, исходя из вычисленных значений состояния ФСУ и ее компонент, возможно количественное определение «веса» (значимости) каждой компоненты в общем потоке управляющих воздействий, значения которых необходимы для построения стратегии безопасного и устойчивого развития ТСЭС.

«Веса» (значимости) функций-компонент рассчитываются на основании следующего соотношения:

$$\lambda_i = \frac{V_i(\eta)}{\max \sum_{i=1}^{5} V_i(\eta)}, \qquad (5)$$

где i – порядковый номер функции-компоненты (1 – $V_R(\eta)$; 2 – $V_K(\eta)$; 3 – $V_N(\eta)$; 4 – $V_C(\eta)$; 5 – $V_P(\eta)$).

Численный синтез функциональной системы управления геодинамическим риском выполнен на примере региональной ТСЭС Рязанской области.

На основании полученных значений функций-компонент $V_R(\eta)$, $V_K(\eta)$, $V_N(\eta)$, $V_C(\eta)$, $V_P(\eta)$ рассчитаны относительные значения состояний функциональной системы управления геодинамическим риском $V(\eta)$ для ТСЭС Рязанской области и «веса» каждой функции-компоненты в поликомпонентном потоке управляющих воздействий на интервале характеристического времени $[0;1]$.

Комплексная «весовая» диаграмма функций-компонент представлена на рис. 1, график относительных значений состояний функциональной системы управления $V(\eta)$ – на рис. 2.

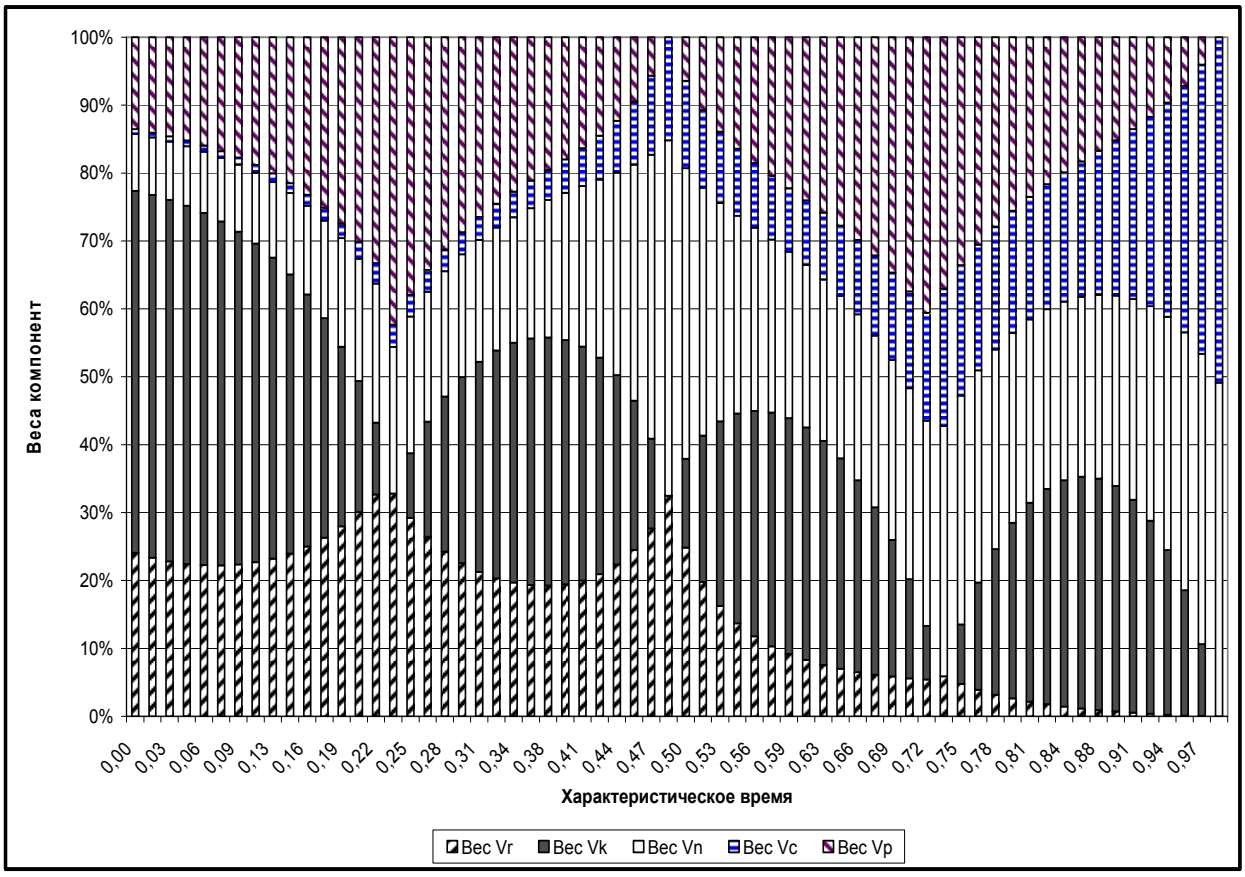


Рис. 1. **Суммарное распределение весов функций-компонент функциональной системы управления геодинамическим риском для ТСЭС Рязанской области**

Рис. 2. **График относительных значений состояний функциональной системы управления геодинамическим риском для ТСЭС Рязанской области**

Анализ построенных графиков позволяет сделать нам следующие выводы.

На начальном этапе построения стратегии управления геодинамическим риском в ТСЭС самое пристальное внимание должно уделяться процедуре определения классов оцениваемых опасностей, соотнесению возможных рисков, исходящих от опасных природных и природно-техногенных процессов геодинамического происхождения и уровнем безопасности, приемлемым для реализации устойчивого развития ТСЭС.

К окончанию подцикла I (то есть при $\eta \to 0{,}25$) интенсивность управляющего воздействия $V_K(\eta)$ необходимо сводить к минимуму ($V_K(\eta) \to 0$), иначе продолжение работ по выявлению и оцениванию классов опасностей сведет на нет саму процедуру управления, то есть появление новых задач сверх необходимого, которые также надо решать, «отвлекут» управляющую систему от выполнения уже четко определенных, поставленных перед ней задач.

Начало второго подцикла характеризуется плавным спадом к середине подцикла весового вклада компоненты $V_R(\eta)$. Снижать интенсивность управляющего воздействия $V_R(\eta)$ к середине подцикла крайне необходимо, поскольку после проведения первого этапа процедуры оптимизации управленческой деятельности, обязательно будут выявлены новые классы опасностей, которые затем необходимо вновь соотнести с ранжированием уровня безопасности.

На третьем подцикле величина весового вклада компоненты $V_K(\eta)$ также испытывает циклическое изменение, достигая своего наибольшего значения в середине подцикла, и уменьшается до бесконечно малой величины в конце подцикла.

Весовой вклад $V_R(\eta)$ в течение подцикла III уменьшается до значения 0,05 (5 %), поскольку ранжировать уровень геодинамической безопасности уже не имеет смысла, необходимо выполнять лишь его корректировку, вследствие отслеживания обратных связей, возникающих в ТСЭС.

А вот на четвертом, заключительном подцикле управления, вес компоненты $V_P(\eta)$ необходимо постепенно уменьшать до бесконечно малой величины в конце подцикла. Действительно, когда сняты все неопределенности о состоянии управляемой ТСЭС, крайне неэффективно расходовать ресурсы управляющих воздействий на процедуру оптимизации управленческой деятельности.

Управление геодинамическим риском в условиях чрезвычайных ситуаций

Предложенная нами ФСУ представляет собой некоторую модельную, идеализированную систему управления. С этой точки зрения график относительных значений состояний ФСУ определяет оптимальную траекторию состояний ФСУ в пространстве (η, V).

Для оценки возможности использования предложенной модели ФСУ в условиях реализации чрезвычайных кризисных ситуаций геодинамического происхождения в ТСЭС проведем следующие рассуждения и выполним ряд аналитических преобразований.

Будем рассматривать функцию состояния ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС в каждый момент характеристического времени $\eta \in [0;1]$ на основании уравнения (1) с учетом соотношений (4) как зависимость вида:

$$V(\eta) = \lambda_1 \sum_{i=1}^{6} \alpha_i \eta^i + \lambda_2 \left| V_{K\max} \sin \omega_K \eta \right| + \lambda_3 b_1 \eta e^{-b_2 \eta} + \lambda_4 c_1 \eta e^{c_2 \eta} + \lambda_5 \left| V_{P\max} \sin \omega_P \eta \right|. \qquad (6)$$

Преобразуем функцию вида (6), раскладывая ее в ряд Тейлора по степеням $(\eta_{i+1} - \eta_i)$ в каждой точке $\xi \in [\eta_i; \eta_{i+1}]$. Это возможно, поскольку функция (5) обладает в каждом замкнутом промежутке $[\eta_i; \eta_{i+1}] \subset [0;1]$ производными до $(n+1)$-го порядка включительно. Так, в частности, производная $(n+1)$-го порядка для функции (6) будет иметь вид:

$$V^{(n+1)}(\xi) = \lambda_2 \left| \omega_K^{n+1} V_{K\max} \sin\left(\omega_K \xi + \frac{\pi(n+1)}{2} \right) \right| + (-1)^n \lambda_3 b_1 b_2^n e^{-b_2 \xi} \left((n+1) - b_2 \xi \right) +$$
$$\lambda_4 c_1 c_2^n e^{c_2 \xi} \left((n+1) + c_2 \xi \right) + \lambda_5 \left| \omega_P^{n+1} V_{P\max} \sin\left(\omega_P \xi + \frac{\pi(n+1)}{2} \right) \right|.$$

Принимая за точку ξ правую границу замкнутого промежутка $[\eta_i; \eta_{i+1}]$ для каждого такого промежутка, мы можем записать разложение функции (6) в ряд Тейлора:

$$V(\eta_{i+1}) = V(\eta_i) + V'(\eta_i)(\eta_{i+1} - \eta_i) + \frac{V''(\eta_i)}{2!}(\eta_{i+1} - \eta_i)^2 + \mathrm{K} + \frac{V^{(n)}(\eta_i)}{n!}(\eta_{i+1} - \eta_i)^n + \mathrm{K} \qquad (7)$$

Ограничиваясь пятью членами ряда (7) и вводя обозначения: $a_{1i} = V(\eta_i)$; $a_{2i} = V'(\eta_i)$; $a_{3i} = \frac{V''(\eta_i)}{2}$; $a_{4i} = \frac{V'''(\eta_i)}{6}$; $a_{5i} = \frac{V^{IV}(\eta_i)}{24}$, получим соотношение:

$$V(\eta_i) = a_{1i} + a_{2i}(\eta_{i+1} - \eta_i) + a_{3i}(\eta_{i+1} - \eta_i)^2 + a_{4i}(\eta_{i+1} - \eta_i)^3 + a_{5i}(\eta_{i+1} - \eta_i)^4. \qquad (8)$$

Значения функции $V(\eta)$, вычисленные по соотношениям (6) и (8), являются хорошо коррелируемыми (коэффициент корреляции +0,96) и совпадают в точке $\eta = 0$.

Однако, как показал вычислительный эксперимент, значения функции $V(\eta)$, найденные по соотношению (8) на последовательности замкнутых интервалов $[\eta_i; \eta_{i+1}]$,

отличаются от значений, определенных по соотношению (6) (среднее квадратическое отклонение близости значений функции, найденных по соотношениям (6) и (8), составляет около 0,1).

С другой стороны, раскрывая в выражении (8) скобки и группируя компоненты данного выражения по степеням η_{i+1}, запишем:

$$V(\eta_{i+1}) = (a_{1i} - a_{2i}\eta_i + a_{3i}\eta_i^2 - a_{4i}\eta_i^3 + a_{5i}\eta_i^4) + (a_{2i} - 2a_{3i}\eta_i + 3a_{4i}\eta_i^2 - 4a_{5i}\eta_i^3)\eta_{i+1} + \\ + (a_{3i} - 3a_{4i}\eta_i + 6a_{5i}\eta_i^2)\eta_{i+1}^2 + (a_{4i} - 4a_{5i}\eta_i)\eta_{i+1}^3 + a_{5i}\eta_{i+1}^4.$$

Вводя обозначения:

$$b_{1i} = a_{1i} - a_{2i}\eta_i + a_{3i}\eta_i^2 - a_{4i}\eta_i^3 + a_{5i}\eta_i^4,$$
$$b_{2i} = a_{2i} - 2a_{3i}\eta_i + 3a_{4i}\eta_i^2 - 4a_{5i}\eta_i^3,$$
$$b_{3i} = a_{3i} - 3a_{4i}\eta_i + 6a_{5i}\eta_i^2,$$
$$b_{4i} = a_{4i} - 4a_{5i}\eta_i,$$
$$b_{5i} = a_{5i},$$

получим еще одно выражение для функции состояния ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС:

$$V(\eta_{i+1}) = b_{1i} + b_{2i}\eta_{i+1} + b_{3i}\eta_{i+1}^2 + b_{4i}\eta_{i+1}^3 + b_{5i}\eta_{i+1}^4. \quad (9)$$

Уравнение (9) представляет собой линейную комбинацию значений степеней характеристического времени в точке η_{i+1} и комбинаций производных функции состояния ФСУ в точке η_i.

Подобные рассуждения позволяют нам формально феноменологически представить возможную модель траектории состояний ФСУ в пространстве (η, V) дифференциальным уравнением вида:

$$\eta_{i+1}^4 y_i^{IV} + \eta_{i+1}^3 y_i''' + \eta_{i+1}^2 y_i'' + \eta_{i+1} y_i' + y_i = y_{i+1},$$

или, полагая $y_{i+1} - y_i \to 0$ при $\eta_{i+1} \to \eta_i$, в более общем виде

$$\eta^4 y^{IV} + \eta^3 y''' + \eta^2 y'' + \eta y' = 0. \quad (10)$$

В таком случае решение уравнения (10) следует искать в виде $y(\eta) = \sum_{i=1}^{4} C_i(\eta) e^{-k_i \eta}$, где коэффициенты $C_i(\eta)$ зависят от характеристического времени, то есть должны рассчитываться для каждой точки $\eta_i \in [0;1]$.

Умножая уравнение (10) на величину $1/\eta^4$ и вводя обозначения $b = 1/\eta$, $c = 1/\eta^2$, $d = 1/\eta^3$, получим:

$$y^{IV} + by''' + cy'' + dy' = 0. \quad (11)$$

Составим для уравнения (11) характеристическое уравнение:

$$\chi^4 + b\chi^3 + c\chi^2 + d\chi = 0. \quad (12)$$

Корнями уравнения (12) являются следующие величины:

$$\chi_1 = 0; \quad \chi_2 = \alpha_1 + \alpha_2; \quad \chi_{3,4} = -\frac{1}{2}\alpha_1 - 2\alpha_2,$$

где $\alpha_1 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} + \sqrt{\left(-\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}$; $\alpha_2 = \sqrt[3]{-\frac{q}{2} - \sqrt{\left(-\frac{q}{2}\right)^2 + \left(\frac{p}{3}\right)^3}}$;

$$p = c - \frac{b^3}{3}; \quad q = d - \frac{bc}{3} + \frac{2b^3}{27}.$$

Обозначая $k_1 = \chi_2$, $k_2 = \chi_{3,4}$, общее решение уравнения (11) в таком случае представим в виде функции:

$$y(\eta) = C_1(\eta) + C_2(\eta)e^{k_1\eta} + \left(C_3(\eta) + \eta C_4(\eta)\right)e^{k_2\eta}. \tag{13}$$

Поскольку нам известны значения производных функции $V(\eta)$ до $(n+1)$-го порядка включительно в каждой точке $\eta_i \in [0;1]$, то значения функций $C_j(\eta)$ ($j = 1,\text{K}, 4$) найдем в каждой точке η_i из следующих условий:

$$\begin{cases} y(\eta_i) = V(\eta_i), \\ y'(\eta_i) = V'(\eta_i), \\ y''(\eta_i) = V''(\eta_i), \\ y'''(\eta_i) = V'''(\eta_i). \end{cases}$$

Полагая в каждой точке η_i величины $C_j(\eta)$, k_1, k_2 постоянными и трижды дифференцируя по переменной η функцию (13), составим систему уравнений:

$$\begin{cases} C_{1i} + C_{2i}e^{k_1\eta_i} + C_{3i}e^{k_2\eta_i} + C_{4i}\eta_i e^{k_2\eta_i} = V(\eta_i), \\ C_{2i}k_1e^{k_1\eta_i} + C_{3i}k_2e^{k_2\eta_i} + C_{4i}e^{k_2\eta_i}(1 + k_2\eta_i) = V'(\eta_i), \\ C_{2i}k_1^2e^{k_1\eta_i} + C_{3i}k_2^2e^{k_2\eta_i} + C_{4i}k_2e^{k_2\eta_i}(2 + k_2\eta_i) = V''(\eta_i), \\ C_{2i}k_1^3e^{k_1\eta_i} + C_{3i}k_2^3e^{k_2\eta_i} + C_{4i}k_2^2e^{k_2\eta_i}(3 + k_2\eta_i) = V'''(\eta_i). \end{cases} \tag{14}$$

Проведенный вычислительный эксперимент показал, что определитель системы (14) в каждый заданный последовательный момент характеристического времени η отличен от нуля, поэтому, разрешая данную систему относительно величин C_{ji} ($j = 1,\text{K}, 4; i = 1,\text{K}, 64$), в каждой точке η_i мы можем восстановить значения этих величин и тем самым переопределить функцию состояния ФСУ $V(\eta)$ через функцию $y(\eta)$.

Такое представление функции состояния $V(\eta)$ позволяет нам исследовать динамику траектории состояния ФСУ в пространстве (η, V) при влиянии на ФСУ различных внешних воздействий, в том числе и проявления кризисных чрезвычайных ситуаций.

Определим влияние чрезвычайной ситуации на ФСУ как воздействие на состояние ФСУ на всем определенном интервале характеристического времени импульса величиной *I*, функционально описываемого как $f(\eta) = I$.

Этому случаю будет соответствовать дифференциальное уравнение:

$$y^{IV} + by''' + cy'' + dy' = f(x). \tag{15}$$

Общее решение уравнения (15) в таком случае имеет вид:

$$y(\eta) = C_1(\eta) + C_2(\eta)e^{k_1\eta} + \left(C_3(\eta) + \eta C_4(\eta)\right)e^{k_2\eta} + I\eta^4. \tag{16}$$

По решению (16) восстановим новую траекторию состояний ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС.

Траекторию состояний ФСУ, описываемую функцией (13), назовем модельной (невозмущенной) траекторией состояний, соответствующей оптимальному режиму функционирования ФСУ. В таком случае за критерий устойчивости состояний ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС примем функционал:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \Phi\left[y_м(\eta_i) - y(\eta_i)\right], \tag{17}$$

где $y_м(\eta_i)$ – значения функции, определяющие невозмущенную траекторию; $y(\eta_i)$ – значения функции, определяющие реальную траекторию; Ф – функция, определяющая вид операции над разностью $y_м(\eta_i) - y(\eta_i)$.

Обозначим $y_м(\eta_i) - y(\eta_i) = E$. Если $\Phi(E) = E^2$, то функционал (17) представляет собой суммарную среднеквадратическую ошибку. Тогда оптимальными траекториями состояний ФСУ будут являться траектории, определяемые функциями $y(\eta_i)$, удовлетворяющими минимуму функционала (17). В качестве количественной меры критерия оптимальности примем значения величины $Q \in [0; 0{,}01]$.

Для приведения возмущенной траектории состояний ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС в соответствие с невозмущенной траекторией необходимо дополнительное управляющее воздействие $u(\eta)$, отрабатываемое на протяжении всего цикла управления. График функции, соответствующей этому воздействию, а также графики невозмущенной и возмущенной траекторий состояния ФСУ, приведены на рис. 3.

Значения функции $u(\eta)$, оптимизирующей возмущенную траекторию состояний ФСУ, определяются на основании следующего соотношения:

$$u(\eta_i) = \sum_{n=0}^{4} u_n \eta_i^n,$$

где $u_0 = \left|y_м(\eta_i) - y(\eta_i)\right|$, $u_2 = \left|y''_м(\eta_i) - y''(\eta_i)\right|$, $u_4 = \left|y^{IV}_м(\eta_i) - y^{IV}(\eta_i)\right|$

$u_1 = \left|y'_м(\eta_i) - y'(\eta_i)\right|$, $u_3 = \left|y'''_м(\eta_i) - y'''(\eta_i)\right|$.

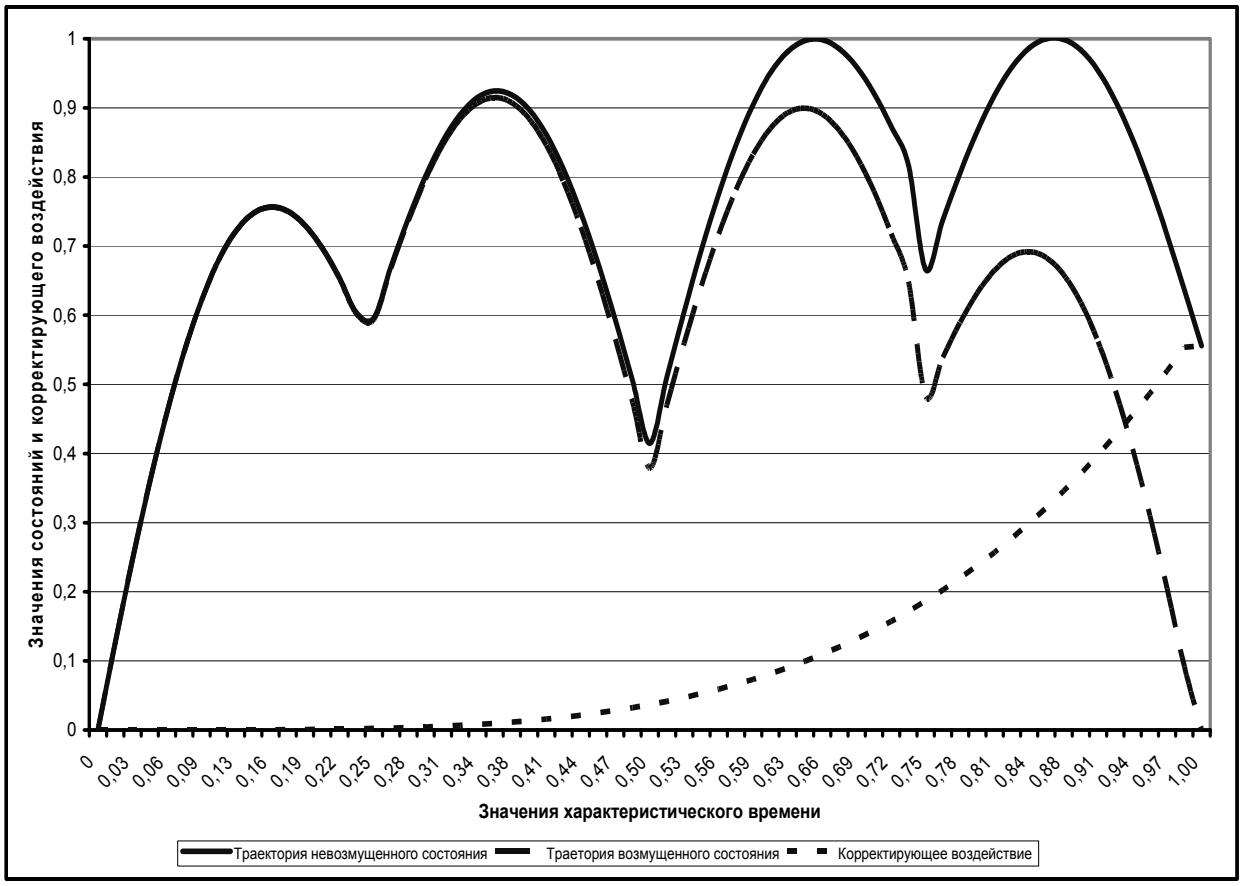


Рис. 3. **Графики траекторий состояний ФСУ в ТСЭС при невозмущенном и возмущенном режимах ее функционирования**

Значения функции $u(\eta)$ и функции-компоненты $V_C(\eta)$, представляющей собой количественное описание деятельности управленческих структур по проведению организационно-административного регулирования, информационного регулирования и обеспечению мер инженерной защиты ТСЭС от опасных природно-техногенных процессов геодинамического происхождения, значительно коррелируемы между собой (коэффициент парной корреляции составляет +0,98). Это подчеркивает главнейшую роль человеческого фактора в обеспечении оптимизации состояний ФСУ рисками геодинамического происхождения в ТСЭС.

В условиях чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера в ФСУ должно произойти существенное перераспределение значимости функций-компонент ФСУ для приведения ее фазовой траектории состояний в невозмущенный оптимальный режим функционирования.

Как уже отмечалось ранее, значимости функций-компонент ФСУ определяются на основании расчета значений «весовых» факторов λ_i $(i = 1, \text{K}, 5)$. Указанные «весовые» факторы сами являются функциями от характеристического времени η. Но, поскольку «весовые» факторы λ_i определялись по модельному режиму функционирования ФСУ, то в явном виде зависимости λ_i от характеристического времени η мы получить не сможем.

Однако именно информация о динамике величин λ_i в зависимости от времени η дает возможность варьировать функциями-компонентами ФСУ в различных чрезвычайных ситуациях и тем самым оптимизировать управленческую деятельность при реализации указанных ситуаций в конкретной ТСЭС.

Для разрешения этой проблемы были выявлены зависимости величин λ_i от состояний ФСУ. Для этой цели построено поле распределения значений λ_i в фазовом пространстве (V, λ). Построение этого поля было реализовано на основании проведения аппроксимации бикубическим сплайном модельных значений λ_i. Затем для каждого «весового» фактора из поля распределения величин λ_i была произведена выборка значений факторов λ_i в их соответствии со значениями состояний ФСУ.

После этого для каждого «весового» фактора для возмущенного и невозмущенного режимов функционирования ФСУ построены эквидистантные ряды значений факторов и соответствующие линии тренда, описываемые полиномами следующего вида (то есть факторы были представлены как функциональные зависимости от характеристического времени η):

$$\lambda_i(\eta) = a_0 + a_1\eta + a_2\eta^2 + a_3\eta^3 + a_4\eta^4 + a_5\eta^5 + a_6\eta^6 . \qquad (18)$$

Исходя из найденных значений λ_i в этих режимах функционирования ФСУ, можно оценить корректирующее управляющее воздействие, которое позволит переопределить значимости функций-компонент ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС для приведения траектории состояния ФСУ в вид, соответствующий невозмущенному, оптимальному режиму ее функционирования.

Оценки корректирующих воздействий производились на основании нахождения разности значений «весовых» факторов в невозмущенном и возмущенном режимах функционирования ФСУ. Для корректирующих воздействий были также построены линии тренда и соответствующие им полиномиальные зависимости вида (18).

Значения коэффициентов a_i $(i = 0, \text{K}, 6)$ из (18), соответствующие линиям тренда «весовых» факторов для возмущенного и невозмущенного режимов функционирования ФСУ геодинамическим риском в ТСЭС, а также линиям тренда корректирующих воздействий, приведены в табл. 2–4.

Таблица 2. **Значения коэффициентов полиномиальных зависимостей линий тренда для «весовых» факторов, соответствующих невозмущенному режиму функционирования ФСУ в ТСЭС**

Коэффициенты зависимостей	Весовые факторы				
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
a_0 =	0,218	0,455	0,061	0,014	0,252
a_1 =	0,278	4,899	0,845	-0,271	-5,751
a_2 =	-0,866	-71,339	-6,586	3,203	75,588
a_3 =	4,900	312,873	32,992	-13,304	-337,461
a_4 =	-17,948	-610,270	-66,409	30,224	664,403
a_5 =	22,370	549,786	56,334	-32,984	-595,507
a_6 =	-8,961	-186,442	-16,811	13,575	198,639

Таблица 3**. Значения коэффициентов полиномиальных зависимостей линий тренда для «весовых» факторов, соответствующих возмущенному режиму функционирования ФСУ в ТСЭС**

Коэффициенты зависимостей	Весовые факторы				
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
$a_0 =$	0,232	0,607	0,042	-0,003	0,107
$a_1 =$	0,929	-6,884	4,587	1,472	0,013
$a_2 =$	-10,694	57,965	-44,469	-13,746	10,463
$a_3 =$	43,565	-214,090	176,333	53,336	-58,599
$a_4 =$	-82,353	383,178	-326,631	-96,985	123,112
$a_5 =$	73,308	-327,230	283,102	82,543	-112,626
$a_6 =$	-24,763	107,033	-92,909	-26,605	37,645

Таблица 4. **Значения коэффициентов полиномиальных зависимостей линий тренда для управляющих воздействий, корректирующих режим функционирования ФСУ в ТСЭС**

Коэффициенты зависимостей	Весовые факторы				
	λ_1	λ_2	λ_3	λ_4	λ_5
$a_0 =$	-0,014	-0,152	0,019	0,017	0,145
$a_1 =$	-0,651	11,783	-3,741	1,743	-5,765
$a_2 =$	9,828	-129,304	37,883	16,949	65,125
$a_3 =$	-38,665	526,962	-143,341	66,641	-278,861
$a_4 =$	64,405	-993,448	260,221	127,209	541,291
$a_5 =$	-50,938	877,017	-226,768	115,527	-482,881
$a_6 =$	15,802	-293,475	76,098	40,180	160,994

Таким образом, представляя функциональную систему управления как поликомпонентный поток управляющих воздействий, мы можем численно оценить относительные значения состояний функциональной системы управления. Это дает возможность определить «вес» каждой компоненты в общем потоке управляющих воздействий в каждый интересующий нас момент характеристического времени.

При этом отметим, что анализ графика функции управления и в особенности графиков весовых вкладов (значимостей) функций-компонент функциональной системы управления, позволяет достаточно эффективно и обоснованно, опираясь на количественную оценку составляющих функций-компонент, строить стратегию управления геодинамическим риском для ТСЭС различного масштабного уровня и целевого назначения.

Литература

1. Акимов В.А., Лесных В.В., Радаев Н.Н. Риски в природе, техносфере, обществе и экономике. М.: Деловой экспресс, 2004. 352 с.

2. Ваганов П.А. Человек – Риск – Безопасность. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. 160 с.

3. Катастрофы и общество / Ю.Л Воробьев [и др.]. М.: Контакт-Культура, 2000. 332 с.

4. Оценка и управление природными рисками. Темат. том / под ред. А.Л. Рагозина. М.: Издательская фирма «КРУК», 2002. 248 с.

5. Природные опасности России. Природные опасности и общество. Темат. том / под ред. В.А. Владимирова, В.Л. Воробьева, В.И. Осипова. М.: Издательская фирма «КРУК», 2002. 248 с.

6. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России / под ред. В.Ф. Протасова. М.: Финансы и статистика, 1995. 528 с.

7. Радаев Н.Н. Виды защиты и системы безопасности в природе, техносфере и обществе // Экология и безопасность в промышленности. 2002. № 4. С. 47–50.

8. Топольский Н.Г., Фирсов А.В. Комплексная безопасность территорий // Системы безопасности – СБ-2006: материалы XV науч.-техн. конф. М.: Академия ГПС МЧС России. 2006. С. 98–102.

9. Шойгу С.К., Воробьев Ю.Л., Владимиров В.А. Катастрофы и государство. М.: Энергоатомиздат, 1997. 160 с.

10. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. Региональные проблемы безопасности с учетом риска возникновения природных и техногенных катастроф. М.: МГФ «Знание», 1999. 672 с.

11. Концепция национальной безопасности Российской Федерации: Указ Президента Рос. Федерации от 17 дек. 1997 г., № 1300.

12. Концепция перехода Российской Федерации на путь устойчивого развития (проект). М., 1995. 24 с.

13. Осипов В.И. Природные катастрофы и устойчивое развитие // Геоэкология. 1997. № 2. С. 5–18.

14. Осипов В.И. Природные катастрофы на рубеже XXI века // Вестник Российской Академии наук. 2001. Т. 71. № 4. С. 291–302.

15. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Оценки геоэкологических рисков. Моделирование безопасности туристско-рекреационных территорий. М.: Финансы и статистика, изд. дом ИНФРА-М, 2009. 370 с.

16. Фаддеев А.О. Методика формализованного подхода к оценке геоэкологического риска и геоэкологической безопасности для ландшафтно-территориальных комплексов // Двойные технологии. 2008. № 4. С. 32–38.

17. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Методика оценки геоэкологического риска и геоэкологической безопасности ландшафтно-территориальных комплексов // Системы безопасности – СБ-2008: материалы XVII науч.-техн. конф. Международного форума информатизации, 30 окт. 2008 г., Москва. М.: Академия ГПС МЧС России. 2008. С. 96–102.

18. Минаев В.А., Фаддеев А.О. Модели оценки геоэкологического риска на заселенных и промышленных территориях // Системы безопасности – СБ-2008: материалы XVII науч.-техн. конф. Междунар. форума информатизации, 30 окт. 2008 г., Москва. М.: Академия ГПС МЧС России. 2008. С. 113–118.

ПОЖАРНАЯ ТАКТИКА, ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЦЕССОВ ГОРЕНИЯ И ТУШЕНИЯ

ОЦЕНКА ГИДРАВЛИЧЕСКОГО БЫСТРОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМ ПРОТИВОПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

Ю.В. Мисевич;
К.Ю. Шилин, доктор технических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрена модель движения жидкости по сухотрубу системы пожаротушения с учетом перепада высот и сопротивления вытесняемого газа (воздуха). С использованием численных методов получены количественные оценки времени достижения фронтом жидкости конца сухотруба.

Ключевые слова: противопожарное водоснабжение, гидравлическая схема, гидравлическое сопротивление, гидравлическая инерционность

ESTIMATION OF HYDRAULIC SPEED OF FIRE-WATER SUPPLY SYSTEMS

Y.V. Misevich; K.Y. Shilin. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In the report the model of movement of a liquid on dry pipe sprinkler system fire-fighting taking into account difference of heights and resistance of superseded gas (air) is considered. With use of numerical methods quantitative estimations of time of achievement by front of a liquid of the end of dry pipe sprinkler system are received.

Key words: fire water supple systems, hydraulic plan, hydraulic resistance and hydraulic persistence

Одним из важнейших показателей систем пожаротушения является их быстродействие. Заметной составляющей времени от поступления сигнала на включение системы пожаротушения до подачи жидкости к оросителям или в пожарный рукав к стволу является время достижения фронтом жидкости крайней части сухотруба.

В статье [1] была предпринята попытка оценки гидравлического быстродействия типовой схемы системы противопожарного водоснабжения (рис. 1). При этом с использованием соотношений Дарси-Вейсбаха [2] была получена аналитическая зависимость времени прохождения фронта жидкости от задвижки до конца сухотруба. При получении аналитических соотношений учитывались только перепад высот, линейные и местные гидравлические сопротивления и напорно-расходная характеристика насоса, а сопротивление вытесняемого воздуха (газа) не учитывалось. Однако при малом выходном отверстии, точнее, большом отношении диаметра сухотруба d_T к диаметру выходного отверстия $d_к$ возможно заметное повышение давления вытесняемого воздуха в сухотрубе, препятствующее быстрому движению фронта жидкости. Этот эффект представляется целесообразным исследовать, внеся соответствующие уточнения в модель движения жидкости.

Для гидравлической схемы на рис. 1 возможны три расчетных этапа:

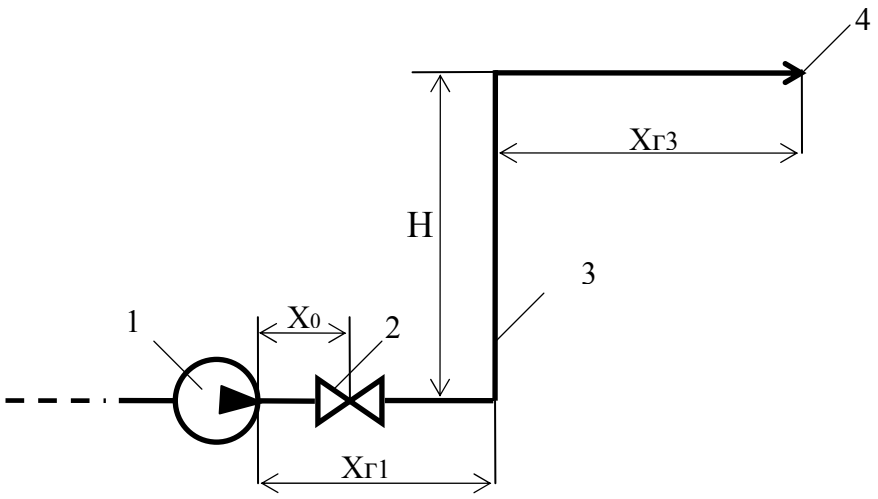


Рис. 1. **Расчетная схема для оценки гидравлического быстродействия:**
1 – насос; 2 – задвижка; 3 – трубопровод;
4 – выходное отверстие.

1) движение жидкости после открытия задвижки по нижнему горизонтальному участку;

2) движение жидкости вверх;

3) движение жидкости по верхнему горизонтальному участку.

В общем случае будет справедлива следующая система дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \dfrac{dx}{dt} = \upsilon ; & (1) \\ \rho x \cdot \dfrac{d\upsilon}{dt} = p_н - p_g - p_г - p_в ; & (2) \\ \dfrac{dm}{dt} = -\mu \cdot S_к \cdot \dfrac{\sqrt{RT_0} \cdot f}{S_T \cdot (x - x_0)} & (3) \end{cases}$$

где x, υ – текущие координата и скорость фронта жидкости; t – время; x_0 – координата задвижки; p_g – гравитационные потери давления; ρ – плотность жидкости (для воды $1000 кг/м^3$); m, R, T_0, $p_в$ – масса, газовая постоянная, начальная температура и давление воздуха в сухотрубе; $p_н$ – давление жидкости на выходе из насоса; $p_г$ – гидравлические потери давления; μ, $S_к$ – коэффициент расхода и площадь выходного отверстия; S_T – площадь сечения сухотруба; f – параметр, зависящий от характера истечения воздуха (докритического или закритического).

Начальные условия: $x(t=0) = x_0$; $\upsilon(t=0) = 0$; $m(t=0) = p_a \cdot V_0 / RT_0$,

где p_a – атмосферное давление; V_0 – начальный объем воздуха в сухотрубе ($V_0 = S_T\left(L - x_0\right)$, L – общая длина сухотруба).

Полагая, что напорно-расходная характеристика насоса имеет параболический вид [2], для давления на его выходе можно записать:

$$p_н = p_{но} - A_н S_T^2 \upsilon^2 \ , \tag{4}$$

где $p_{но}$, $A_н$ – параметры насоса (например, для насоса типа CR-45 $p_{но} = 0{,}85 \cdot 10^6\ Па$, $A_н \approx 10^9\ кг/м^7$).

Полагая, что отверстие и трубопровод круглого сечения диаметрами $d_к$ и d_T, соответственно, величины $S_к$ и S_T находят из выражений:

$$\left[S_к, S_T\right] = 0{,}25\pi\left[d\ , d_T\right]^2 , \tag{5}$$

Гидравлические потери давления $p_г$, согласно закону Дарси- Вейсбаха, могут быть найдены из выражения:

$$p_г = \left(\xi_м + \lambda\frac{x}{d_T}\right)\rho\frac{\upsilon^2}{2}, \tag{6}$$

где $\xi_м$ – суммарный коэффициент потерь на местных сопротивлениях (для 1-го участка $\xi_м = \xi_{задв}$; 2-го участка $\xi_м = \xi_{задв} + \xi_{пов}$; 3-го участка $\xi_м = \xi_{задв} + 2\xi_{пов}$; $\xi_{задв}$ – коэффициент потерь на задвижке; $\xi_{пов}$ – коэффициент потерь на повороте сухотруба – см. [3]); λ – линейный коэффициент сопротивления сухотруба, который, согласно [2], может быть найден по формуле Альтшуля:

$$\lambda \approx 0{,}11\left(\frac{K_э}{d_T} + \frac{68}{\mathrm{Re}}\right)^{0{,}25}, \tag{7}$$

где $K_э$ – эквивалентная шероховатость, мм (для новых стальных труб $K_э \approx 0{,}5мм$); *Re* – критерий Рейнольдса.

Гравитационные потери давления для схемы на рис.1 могут быть найдены из выражения:

$$p_g = \begin{cases} 0 \ – \text{ для 1-го этапа,} \\ \rho g\left(x - x_{Г1}\right) – \text{ для 2-го этапа,} \\ \rho g H \ – \text{ для 3-го этапа.} \end{cases} \tag{8}$$

Давление воздуха (газа) в сухотрубе при заполнении его жидкостью может быть найдено из выражения, полагая, что его сжатие адиабатическое:

$$p_в = p_a\left[\frac{mRT_0}{p_a S_T\left(L - x\right)}\right]^k , \tag{9}$$

где p_a – атмосферное (внешнее) давление; k – показатель адиабаты (для воздуха $k = 1,4$).

Величина f в выражении (3) учитывает характер истечения воздуха. При докритическом истечении, когда

$$\frac{p_в}{p_a} < \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}} \tag{10}$$

величина f рассчитывается по выражению:

$$f = \left(\frac{p_a}{p_в}\right)^{\frac{3-k}{2k}} \sqrt{\frac{2k}{k-1}\left[1-\left(\frac{p_a}{p_в}\right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}}\right]}, \tag{11}$$

При закритическом истечении, когда

$$\frac{p_в}{p_a} > \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\frac{k}{k-1}} \tag{12}$$

(для воздуха критическое соотношение давлений $p_в \approx 1{,}9 Па$) величина f рассчитывается по выражению:

$$f = \left(\frac{p_a}{p_в}\right)^{\frac{k-1}{2k}} \sqrt{k\left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}. \tag{13}$$

На практике для конкретной гидравлической схемы (рис. 1) при ее геометрических характеристиках (например, согласно [1]: $x_{Г1} = 5м$, $H = 10м$, $x_{Г3} = 15м$, $d_T = 0{,}05м$) и параметрах насоса (например, CR-45) представляется интерес оценить влияние шероховатости и соотношения диаметров $d_к / d_T$ на время t_c прохождения жидкости от задвижки до конца сухотруба, то есть гидравлическую инерционность схемы на рис. 1. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений (1)–(3) с учетом выражений (4)–(13) не представляется возможным получить аналитическими методами, в связи с чем была использована компьютерная программа Maple.

Пакет аналитических вычислений Maple является мощным инструментом решения математических проблем и обеспечивает решение широкого спектра инженерных, математических и научных задач. Более двух тысяч эффективно реализованных команд позволяют решать задачи алгебры, математического анализа, дифференциальных уравнений с помощью усовершенствованных алгоритмов для решения классов нелинейных стандартных дифференциальных уравнений 1 и 2 порядка и линейных дифференциальных уравнений 3 порядка.

С использованием этой программы стало возможным оценить характер скорости движения жидкости по сухотрубу (рис. 2). Также было оценено влияние шероховатости $K_э$ и диаметра $d_к$ на гидравлическую инерционность схемы (рис. 1) – см. рис. 3 . В частности, показано, что шероховатость в пределах до *2* мм незначительно (на $\approx 20\%$) увеличивает гидравлическую инерционность, а при диаметрах выходного отверстия $d_к \geq 10мм$ сопротивление воздуха в трубопроводе может не учитываться.

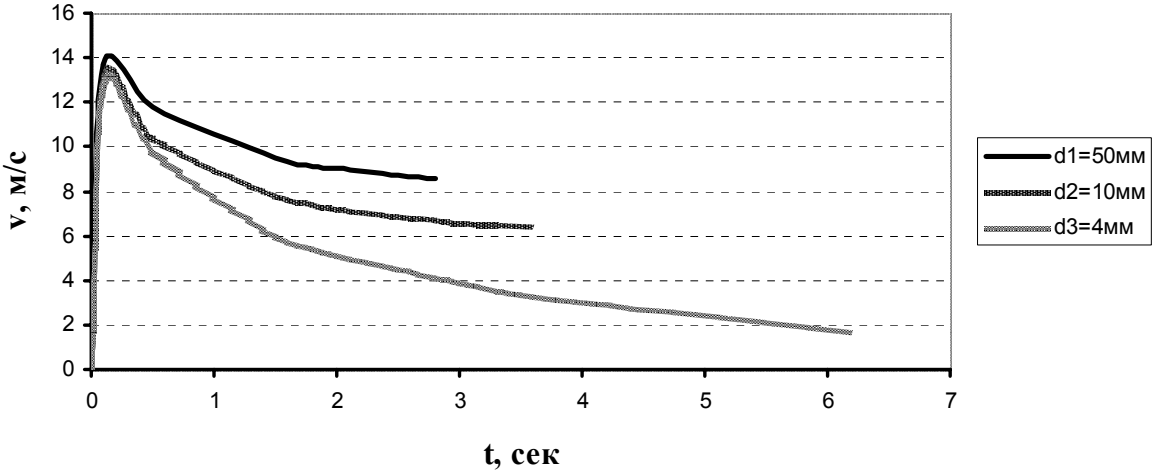


Рис. 2. **Динамика скорости движения жидкости по сухотрубу при различных диаметрах выходного отверстия $d_к$.**

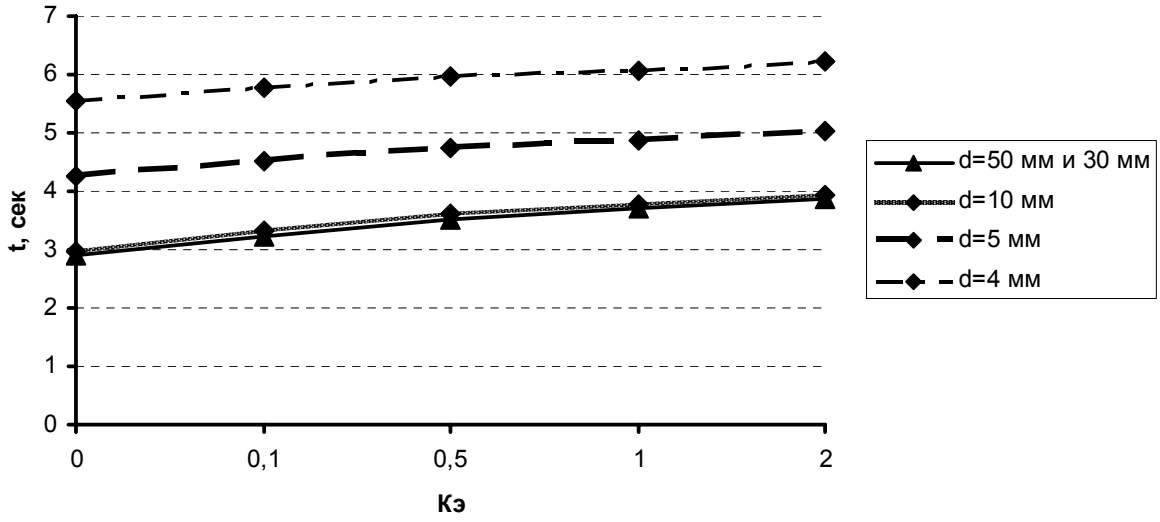


Рис. 3. **Влияние шероховатости сухотруба и диаметра выходного отверстия $d_к$ на гидравлическую инерционность схемы (рис. 1)**

Таким образом, построена уточненная модель движения жидкости по сухотрубу, учитывающая линейное и местные сопротивления, перепад высот и сопротивление вытесненного воздуха. Получены количественные оценки влияния шероховатости стенок сухотруба и величины выходного отверстия на гидравлическую инерционность схемы.

Литература

1. Таранцев А.А., Мисевич Ю.В. Оценка быстродействия дренчерных автоматических установок пожаротушения // Проблемы управления рисками в техносфере. 2009. № 1–2 (9–10). С. 89–94.

2. Цыбин Л.А., Шанаев И.Ф. Гидравлика и насосы. М.: Высш. шк., 1976.

3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1992.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ АКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ САМОНАГРЕВАЮЩИХСЯ МАТЕРИАЛОВ НА НАНО-УРОВНЕ МАКРОМЕТОДОМ ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОГО ОКИСЛЕНИЯ

О.А. Хорошилов, кандидат технических наук, доцент;
Я.С. Киселев, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ;
С.А. Турсенев. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены теоретические основы и экспериментальные данные по самовозгоранию, позволяющие макрометодом дифференциального окисления определять свойства самонагревающихся материалов на нано-уровне. Рассмотрена физическая сущность явления, лежащего в основе этого метода, приведены расчетные формулы, позволяющие по макропараметрам оценивать свойства самонагревающихся материалов на нано-уровне. Приведен пример использования этого подхода к предотвращению самовозгорания активных углей в адсорберах.

Ключевые слова: самовозгорание, кинетические параметры, компенсационный эффект, энергия активации, характеристическая температура распределения, метод дифференцированного окисления

RESULTS OF THE RESEARCH ACTIVITY OF THE SURFACE OF DISPERSE FIRM SELF-HEATING UP MATERIALS AT THE NANO-LEVEL THE MACROMETHOD OF THE DIFFERENTIATED OXIDATION

O.A. Khoroshilov; J.S. Kiselyov; S.A. Tursenev.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Summary: Considered theoretical bases and experimental data on the self-ignition, allowing by a macromethod of differential oxidation to define property of self-heating up materials at nano-level. Considered the physical essence of the phenomenon underlying this method, the settlement formulas allowing on macroparameters to estimate property of self-heating up materials at a nano-level are resulted. The example of use of this approach is led to prevention of self-ignition of active coals in adsorbers.

Key words: self-ignition, kinetic parameters, compensatory effect, activation energy, characteristic temperature of distribution, a method of the differentiated oxidation

Сущность нового распределения активных центров по уровням энергии

При проведении исследований кинетики окисления и условий самовозгорания углеродных саж, используемых в качестве активных наполнителей каучуков, пришлось встретиться с рядом необъяснимых явлений. Так, например, сажа, которая с большим трудом дожигается в пламени, при хранении иногда самовозгорается даже зимой. При прогнозе условий самовозгорания по кинетическим параметрам, полученным известными учеными П.А. Теснером и Н.С. Снегиревой *($E_{окт} \cong 36…40$ ккал/моль),* сажа не должна была самовозгораться [1–3].

Кинетические параметры, определённые в неизотермических условиях, оказались значительно ниже по сравнению с результатами в изотермических условиях. Эти результаты оказались в кажущемся противоречии с данными П.А. Теснера и зарубежных исследователей, показавших, что с повышением температуры реакционная способность углеродной по-

верхности повышается и при t ≅ 1200 °С проявляет наибольшую активность. В наших же опытах в области температур 250–400 °С сажа окислялась значительно активнее, чем это следовало ожидать при экстраполяции данных из области высоких температур на более низкие.

Кинетические параметры реакции окисления саж, определенные в неизотермических условиях, оказались неодинаковыми для различных проб, выработанных по одной и той же технологии и на одном и том же сажевом реакторе. Критические температуры самовозгорания равных по массе и объему навесок также оказались различными, отличались на десятки и сотни градусов.

Частичное разрешение изложенных противоречий оказалось возможным с помощью компенсационности реакций окисления: энергия активации реакции окисления E и предэкспоненциальный множитель адиабатической скорости самонагревания C в уравнении Аррениуса

$$P_+ = C\exp\left(-\frac{E}{RT}\right), \qquad (1)$$

где P_+ – адиабатическая скорость самонагревания, К/с; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – термодинамическая температура, К; не являются постоянными. Соотношение между ними описывается компенсационным уравнением

$$E = RT_c\left(\ln C - \ln P_c\right), \qquad (2)$$

где T_c – температура компенсации, К; P_c – адиабатическая скорость самонагревания при T_c.

Согласно уравнению (2), параметры E и C переменные, а константами являются T_c и P_c.

В ходе дальнейших исследований были определены компенсационные уравнения для процессов самовозгорания различных углей, травяной муки, древесных опилок, торфов, пищевых и кормовых продуктов, металлизованных окатышей.

Систематизация компенсационных уравнений позволила объединить их единым изопараметрическим компенсационным уравнением [2–8]:

$$E = \overset{\prime}{E} + RT_c\left(\ln C - \ln \overset{\prime}{C}\right),$$

где $\overset{\prime}{E} \cong 22$ кДж/моль – изокинетическая энергия активации; $\overset{\prime}{C} \cong 10$ К/с – изокинетический предэкспонент.

В этом уравнении T_c и P_c переменные величины, а постоянные только изокинетические параметры $\overset{\prime}{E}$ и $\overset{\prime}{C}$. Параметры P_c и T_c связаны между собой соотношением, аналогичным уравнению Аррениуса

$$P_c = \overset{\prime}{C}\exp\left(-\frac{\overset{\prime}{E}}{RT_c}\right).$$

Полученные компенсационные уравнения позволили формально объяснить перечисленные выше причины кажущихся противоречий, но не раскрыли физической сущности явлений, лежащих в их основе. К тому же было обнаружено ещё одно необъяснённое явление, состоящее в том, что в адиабатических условиях температурная зависимость скорости реакции описывается уравнением Аррениуса с постоянными значениями энергии активации и предэкспоненциального множителя, а в изотермических условиях они изменяются в соответ-

ствии с компенсационным уравнением (2). На основе этого эффекта был разработан способ дифференцированного окисления (авторское свидетельство № 312540, СССР [10, 11]), позволивший определять дифференциальные энергии активации реакций окисления самовозгорающихся материалов и тем самым оценивать активность поверхности на нано-уровне. Теоретическое осмысление экспериментальных результатов, полученных этим методом, в совокупности с другими данными позволили раскрыть физическую сущность компенсационных и других необъяснимых явлений. Оказалось, что в их основе лежит неизвестное ранее распределение активных центров по уровням потенциальной энергии.

Следует отметить, что в 1923 г. английским ученым Констеблем был открыт компенсационный эффект в гетерогенном катализе. Для объяснения этого эффекта Констеблем было предложено термодинамическое распределение активных центров по уровням энергии. После Констебля компенсационный эффект интересовал многих советских и зарубежных ученых. Для объяснения физической сущности компенсационного эффекта было предложено несколько модификаций распределений, в основу которых было положено известное термодинамическое распределение Максвелла-Больцмана [12]. Эти распределения объясняли сам факт компенсационности, но не объясняли связи «распределений» со свойствами материалов и не позволяли определять пределы, в которых изменяются энергия активации и предэкспоненциальный множитель гетерогенной реакции, что очень важно для прогноза условий самовозгорания. Для ответа на эти вопросы потребовались дополнительные исследования.

В результате проведенных поисков найдено неизвестное ранее распределение в твёрдых самонагревающихся материалах активных центров (валентных электронов) по уровням потенциальной энергии, определяющееся свойствами материалов и описывающееся экспонентой

$$\theta = e^{\frac{-\Delta U}{RT_x}}, \qquad (3)$$

где θ – мольная доля активных центров с относительным уровнем энергии $\geq -\Delta U$; $R=k_Б \cdot N_A$ – универсальная константа, Дж·моль$^{-1}$·К$^{-1}$; $k_Б$ – константа Больцмана; N_A – число Авогадро; T_x – характеристическая температура распределения, К.

Принципиальное отличие найденного распределения (3) от классического Максвелла-Больцмана

$$\frac{\Delta n}{N} = e^{\frac{-\Delta U}{RT}},$$

где T – термодинамическая температура, К, состоит в том, что (2) характеризует стационарное (не зависящее от температуры) распределение активных центров по уровням энергии в потенциальной яме. Оно характеризует не зависящее от температуры стационарное распределение активных центров (валентных электронов) по относительным уровням потенциальной энергии, по отношению к кислороду, адсорбированному на поверхности твердого окисляемого материала.

Верхний уровень недеформированного стационарного распределения находится в потенциальной яме на глубине $\approx$ - 0,22 эВ (22 кДж/моль).

Через каждый энергетический шаг

$$\Delta U_ш = RT_x$$

вглубь потенциальной ямы мольная доля активных центров возрастает в e раз ($e \cong 2{,}7$ число Непера, основание натуральных логарифмов). От верхнего уровня $-\Delta U_{min}$ до нижнего $-\Delta U_{max}$

в различных самонагревающихся твёрдых материалах с недеформированными распределениями содержится одинаковое число таких шагов, равное $\cong 23{,}7$.

Стационарное распределение активных центров по уровням потенциальной энергии, описывающееся функцией (2), является устойчивым при термодинамических температурах ниже характеристической температуры распределения T_x. При $T=T_x$ электронная система переходит в неустойчивое состояние, сопровождающееся разрушением валентных связей.

Доказательства достоверности найденного распределения активных центров по уровням энергии описаны в брошюре [13]. Здесь мы рассмотрим главным образом прикладные вопросы найденного распределения.

Научное и прикладное значение найденного распределения

1. Найденное распределение является научной основой нового метода исследования активности поверхности дисперсных твердых материалов, состоящего в определении дифференциальных энергий активации реакций окисления, обладающего по сравнению с традиционным методом определения дифференциальных теплот адсорбции газов более высокой чувствительностью, разрешающей способностью и не требующего для реализации применения высоковакуумной техники. Как известно, предельная разрешающая способность метода дифференциальных теплот адсорбции 2 % заполнения поверхности, обсуждаемого же способа на 6–7 порядков выше. Другими словами, метод дифференцированного окисления позволяет определять активные центры на нано-уровне.

2**.** Найденное распределение раскрывает физическую сущность компенсационных явлений, наблюдаемых при окислении самонагревающихся материалов: компенсационные уравнения являются следствием уравнения дифференциальных энергий активации и при отсутствии искажающих факторов температура компенсации T_c численно равна параметру распределения T_x активных центров по стационарным уровням энергии.

Независимость скорости реакции при температуре компенсации T_c является следствием того, что при $T=T_x$ температурное распределение становится тождественным исходному стационарному.

3. Найденное распределение раскрывает физическую сущность пирофорности самонагревающихся материалов: пирофорность определяется параметром распределения T_x и высокоактивными центрами, находящимися на верхних энергетических уровнях распределений. Чем меньше T_x, тем больше активных центров на верхних энергетических уровнях, меньше глубина потенциальной ямы, в которой относительно кислорода, адсорбированного на твердой поверхности, находятся валентные электроны.

4. Найденное распределение является основой новой теоретической модели окисления самонагревающихся материалов в изотермических и неизотермических условиях.

5. Найденное распределение позволяет на качественно новом научном уровне прогнозировать склонность к самовозгоранию самонагревающихся материалов и в допустимых пределах снижать ее.

Склонность к самовозгоранию таких материалов и кинетику их окисления при горении, до работ авторов, характеризовали постоянными или дискретными значениями кинетических параметров (П.А. Теснер и его последователи при горении сажи; Вулис и Кнорре при горении углей; Саранчук при самовозгорании ископаемых углей; А.Н. Баратов, С.И. Таубкин, В.Т. Монахов при самовозгорании дисперсных волокнистых и других материалов). Эти представления содержаться во всей справочной и учебной пожарно-технической литературе.

Согласно установленной закономерности распределения активных центров по уровням энергии, поверхность твердых материалов, как правило, кинетически неоднородна. Различные активные центры характеризуются индивидуальными (дифференциальными) энергиями активации. При самовозгорании процесс окисления протекает в неизотермических условиях, поэтому определяется процесс самонагревания реакцией окисления наиболее активных центров, сохранившихся к началу анализа. При дезактивации этих центров, например

термическим окислением, контролирующая энергия активации реакции окисления возрастает и склонность к самовозгоранию снижается. При горении углей и дожигании саж окисляется вся поверхность, характеризующая максимальным значением энергии активации. Вследствие этого печные углеродные сажи могут самовозгораться при комнатных температурах, но с трудом поджигаются внешними высокотемпературными источниками.

6. Найденное распределение может быть использовано для оптимизации свойств углеродных активных наполнителей каучуков и углеродных сорбентов.

Известно, что углеродная сажа повышает прочностные свойства резин из синтетических каучуков в 10–15 раз. Возможности усиления резины активными наполнителями не исчерпаны. Поисковые исследования показали, что энергетическая неоднородность поверхности саж придает резинам специфические свойства. Наряду с разветвленностью структуры и повышенной удельной геометрической поверхностью, центры повышенной активности придают протектору шинных резин повышенную износостойкость, но при этом повышается теплообразование и снижается динамическая выносливость резины. Погашая высокоактивные центры в допустимых пределах, можно повысить механическую прочность и динамическую выносливость резин. Дальнейшее погашение активных центров придает вулканизатам повышенную электропроводность, но при этом снижается прочность на разрыв [13].

Наиболее активные центры играют преимущественно отрицательную роль. Они ответственны за самовозгорание саж и за подвулканизацию (скорчинг) резиновых смесей; препятствуют диспергированию сажи в резиновых смесях, тем самым ухудшают прочностные характеристики резин.

Поэтому можно ожидать, что найденная закономерность распределения активных центров по уровням энергии поможет оптимизировать свойства саж как активных наполнителей каучуков, а также активных углей как сорбентов.

Самонагревающийся материал, как полирадикальная система

Согласно найденному распределению самонагревающийся материал является полирадикальной системой, в которой активные центры поверхности (валентные электроны) по отношению к кислороду, адсорбированному на его поверхности, находятся в потенциальной яме на различной глубине и распределены по энергетическим уровням по экспоненциальному закону (3). На верхнем стационарном уровне, не глубже –22 кДж/моль находится минимальная доля, приближенно равная $5 \cdot 10^{-11}$ от общего числа. На более высоких стационарных уровнях активные центры в кислородосодержащих газах находиться не могут, так как при контакте с кислородом они вступают в химическую реакцию за счет теплоты физической адсорбции кислорода без затраты дополнительной энергии для преодоления активационного барьера химической реакции. Поэтому минимальная энергия активации реакции окисления различных самонагревающихся материалов приближенно равна 22000 Дж/моль.

Через каждый энергетический шаг вглубь потенциальной ямы, равный RT_x, мольная доля активных центров возрастает в e раз, всего таких шагов 23,7. Поэтому чем больше величина T_x, тем глубже в потенциальной яме находится нижний энергетический уровень, тем меньше склонность материала к самовозгоранию и выше его термостойкость. Максимальное значение энергии активации, соответствующее переходу валентного электрона с нижнего энергетического уровня к кислороду на поверхности, можно определить по формуле

$$E_0 = 23{,}7RT_x + 22000$$

или

$$E_0 = E_{\min} - RT_x \ln \theta_{\min}$$

Кинетика и механизм окисления

Наблюдаемые при экспериментальных исследованиях переменные значения кинетических параметров и компенсационные эффекты являются результатом взаимодействия двух распределений: стационарного и температурного.

При низких температурах (ниже $T_c=T_x$) процесс окисления протекает в две стадии. На первой стадии молекулы кислорода сорбируются на поверхности окисляемого материала, а на второй – валентные электроны окисляемого материала вступают в химическое взаимодействие с неспаренными электронами кислорода. Процессы окисления в изотермических и адиабатических условиях протекают по различным механизмам. В адиабатических условиях теплота, выделяющаяся при спаривании электронов донора (окисляющегося материала) и акцептора (кислорода), идет на нагревание окисляемого материала. За счет этой энергии электроны по «ступенькам», которые очень малы, переходят с нижних энергетических уровней стационарного распределения на верхний разрешенный, а с него ─ к кислороду. В результате непрерывного пополнения верхнего стационарного уровня, с которого электроны «штурмуют» энергетический барьер активации химической реакции, температурная зависимость адиабатической скорости самонагревания $P_+(T)$ описывается экспонентой Аррениуса (1) с практически постоянными численными значениями энергии активации E и предэкспоненциального множителя C.

Иначе происходит процесс окисления в изотермических условиях, когда теплота реакции полностью отводится в окружающую среду. В этом случае нет дополнительной энергии для перехода электронов с нижних стационарных уровней на верхние и нет энергии для диссоциации спаренных электронов. Поэтому по мере окисления активные центры окисляемого материала образуют с кислородом химические соединения. При этом энергетические уровни, которые они занимали до спаривания, для нижележащих электронов становятся занятыми (запрещенными). Поэтому в изотермических условиях процесс окисления сопровождается возрастанием энергии активации E и предэкспоненциального множителя C. По этой причине попытка применить теорию теплового самовоспламенения к решению проблемы самовозгорания ископаемых углей к положительным результатам не привела.

В свое время один из ученых, занимавшийся исследованиями процессов самовозгорания веществ и материалов, В.С. Веселовский сетовал на то, что его многолетний труд не привел к положительным результатам. Он так и не смог понять, почему образцы угля, отобранные из одного и того же пласта, практически в одном и том же месте и в один и тот же момент времени, обладали различной склонностью к самовозгоранию. Если же руководствоваться стационарным и нестационарным распределениями активных центров по уровням энергии, то ответ на затруднения В.С. Веселовского является очевидным. К тому же необходимо осознать, что при прогнозе условий самовозгорания нельзя пользоваться кинетическими параметрами, определенными в изотермических условиях!

При производстве, хранении и переработке самонагревающихся материалов их окисление происходит в неконтролируемых условиях. На анализ в лаборатории они поступают с различной степенью окисленности, поэтому определяемые в лаборатории значения E_i и C_i для одних и тех же по названию материалов оказываются различными.

Распределение активных центров по уровням энергии и компенсационный эффект

Формально компенсационный эффект отражает тот факт, что при температуре компенсации T_c скорость реакции не зависит от энергии активации, так как снижение скорости, вызванное возрастанием энергии активации, компенсируется одновременным возрастанием предэкспоненциального множителя.

Попытки объяснить компенсационный эффект в гетерогенном катализе электронными явлениями предпринимались различными авторами (Кремером, Баландиным, Рогинским и др.). Однако физическую сущность явления раскрыть им не удалось.

Покажем, что компенсационный эффект при окислении самонагревающихся материалов является следствием «игры» двух распределений: стационарного (3) и нестационарного (температурного). Перепишем распределения в следующем виде

$$\theta = e^{-\frac{\Delta U_c}{RT_x}},$$

$$\frac{\Delta n}{N} = e^{-\frac{\Delta U_a}{RT}}.$$

В первом (стационарном) распределении

$$-\Delta U_c = E_{\min} - E .$$

Во втором (нестационарном)

$$-\Delta U_a = 0 - E .$$

В первом распределении θ – это доля электронов от общего числа (от единицы), находящихся на уровне не ниже $-\Delta U_c$.

Во втором распределении N – общее число электронов на уровне не ниже $-\Delta U_a$, а Δn – доля электронов от числа N на уровне не ниже нулевого уровня потенциальной ямы.

Температурное распределение — это распределение электронов над верхним стационарным уровнем, с которого валентные электроны «штурмуют» барьер активации химической реакции. Температурное распределение подобно вершине пирамиды, построенной на срезе вершины стационарной пирамиды. Степени сужения пирамид от основания к вершине у стационарной и температурной различные. Чем ниже термодинамическая температура, тем быстрее временная пирамида сужается к вершине, тем меньше оказывается электронов над нулевым уровнем потенциальной ямы, как следствие, меньше скорость реакции и адиабатическая скорость самонагревания.

По мере повышения температуры и приближения ее по численному значению к T_x временное (температурное) распределение приближается к стационарному и при $T=T_x$ становится ему тождественным.

В этом случае временное сооружение по степени сужения не будет отличаться от стационарного (фундаментального) независимо от того, на каком срезе оно построено. В этом случае над нулевым уровнем потенциальной ямы всегда будет возвышаться одна и та же по объёму и форме вершина пирамиды.

Из этого сравнения пирамид с распределением валентных электронов по уровням энергии следует, что при термодинамической температуре, численно равной характеристической температуре распределения T_x, скорость реакции не зависит от энергии активации и предэкспоненциального множителя. Из анализа видно, что компенсация наступает при термодинамической температуре, численно равной температуре стационарного распределения T_x. Отсюда следует, что при отсутствии искажающих факторов температура компенсации T_c численно равна характеристической температуре стационарного распределения T_x.

Таким образом, компенсационный эффект при самовозгорании твердых самонагревающихся материалов является следствием экспоненциального закона распределения валентных электронов по стационарным и нестационарным (температурным) уровням энергии.

Компенсационные уравнения и уравнения дифференциальных энергий активации

Напомним, что уравнение дифференциальных энергий активации

$$E = E_0 + RT_x \ln \theta_{\min} \tag{4}$$

было получено следующим образом.

Поэтапно подавляя высокоактивные центры методом дифференцированного окисления, с помощью уравнения Аррениуса

$$P_+ = C_i \exp\left(-\frac{E_i}{RT}\right)$$

определяли дифференциальные энергии активации E_i и соответствующие им доли θ_i, принимая

$$\theta_i = \frac{C_i}{K}$$

Затем по эмпирической зависимости E_i от $ln\theta_i$ получили уравнение (3).

Компенсационное уравнение в форме (2) можно получить аналитически, используя компенсационный эффект.

Покажем это.

Как уже отмечалось, при T_c скорость самонагревания P_c не зависит от E и C, поэтому:

$$C_i \exp\left(-\frac{E_i}{RT_c}\right) = C_{\max} \exp\left(-\frac{E_0}{RT_c}\right).$$

Принимая $C=\theta \cdot K$, получим:

$$\theta \exp\left(-\frac{E_i}{RT_c}\right) = 1 \exp\left(-\frac{E_0}{RT_c}\right).$$

Преобразовывая последнее соотношение, получим уравнение дифференциальных энергий активации

$$E = E_0 + RT_c \ln \theta . \tag{5}$$

Выражение (5) отличается от (4) только тем, что в первом стоит параметр T_x, характеризующий распределение активных центров по уровням энергии при экспоненциальном законе распределения; а во втором – температура компенсации T_c.Температура компенсации T_c – это реальная температура, при которой скорость реакции, и соответствующая ей

адиабатическая скорость самонагревания является величиной постоянной, не зависящей от E и C.

О пирофорности самовозгорающихся материалов

В настоящее время самовозгорающиеся материалы подразделяются на самонагревающиеся и пирофорные. В связи с тем, что физическая сущность пирофорности не раскрыта, предлагаются различные тесты для разграничения самонагревающихся и пирофорных материалов. В одном из последних предлагается пирофорными считать такие, которые при контакте с воздухом самовозгораются при комнатных температурах в течение получаса.

Рассмотрим природу пирофорности на основе стационарного распределения активных центров по уровням энергии.

Согласно современным теплофизическим моделям, самовозгорание происходит в том случае, когда производная адиабатической скорости самонагревания по температуре dP_+/dT при критической температуре $T_в$ становится больше темпа охлаждения, то есть

$$\frac{E}{RT_в^2} Ce^{-\frac{E}{RT_в}} \geq \frac{\psi \alpha F}{c_p \rho V},$$

где $T_в$ – критическая температура материала, К; ψ – критерий неравномерности нагрева; α – коэффициент теплоотдачи, Вт·м$^{-2}$·К$^{-1}$; F – внешняя поверхность скопления материала, м^2; $c_p \cdot \rho \cdot V$ – полная теплоёмкость скопления.

Тестовые испытания на пирофорность проводят в таких условиях, чтобы темп охлаждения испытуемых навесок был примерно постоянным для различных материалов. Для этого применяют стандартный контейнер К-30 (сетчатую корзиночку с высотой и диаметром, равными 30 мм).

Критическую температуру самовозгорания навески в этом контейнере принимают за «температуру тления», а последняя приближенно равна характеристической температуре распределения T_x. Чем меньше T_x, тем выше склонность к самовозгоранию. Таким образом, пирофорность твердых материалов определяется прежде всего стационарным распределением активных центров по уровням энергии, и основным параметром является параметр T_x. Поэтому, чем меньше T_x, тем выше пирофорность.

Дополнительное влияние на пирофорность оказывают высокоактивные центры, находящиеся на верхних энергетических уровнях стационарных распределений. Распределение активных центров (валентных электронов) не ограничивает возможность активным центрам находиться на уровнях выше $-\Delta U$=22 кДж·моль$^{-1}$. Но такие сверхактивные центры вступают в химическое взаимодействие с кислородом спонтанно за счет теплоты физической адсорбции молекул кислорода на активных центрах, как бы при нулевой энергии активации.

В производственных условиях такие центры могут вызвать самовозгорание материалов, которые по тестовым испытаниям не относятся к пирофорным.

Характеристическая температура распределения и термостойкость

Как следует из предыдущего анализа, при термодинамической температуре, численно равной T_x, температурное распределение становится тождественным стационарному и скорость реакции при этой температуре не зависит от энергии активации. Это становится возможным благодаря тому, что запрещенные уровни стационарного распределения становятся разрешенными, а это возможно только при диссоциации спаренных электронов, то есть при разрушении кислородных группировок.

Опыт подтверждает, что при этих температурах (T_c=T_x) действительно реакционная способность самонагревающихся материалов существенно возрастает и процесс самонагре-

вания переходит в стадию тления. По ГОСТ 12.1.044 эта температура называется «температурой тления».

Следует отметить, что фактическая температура в зоне тления на несколько сотен градусов выше стандартной «температуры тления», но фактическая температура в зоне тления не имеет столь важного значения для оценки термостойкости самонагревающихся материалов, например полимерных, как начальная температура тления.

Как видно из данного анализа, начальная температура тления численно равна характеристической температуре стационарного распределения активных центров по уровням энергии. При этой температуре термодинамическое распределение становится тождественным стационарному и стационарное распределение оказывается в критическом состоянии. Отсюда следует, что характеристическая температура стационарного распределения активных центров может использоваться в качестве показателя термостойкости материалов.

Вывод

С помощью стационарного и нестационарного распределений активных центров поверхности дисперсных твердых самонагревающихся материалов по уровням энергии, дано новое объяснение физической сущности компенсационного эффекта, пирофорности и термостойкости самонагревающихся материалов (без привлечения гипотетического туннельного эффекта), что имеет важное научное и прикладное значение для решения проблем пожарной безопасности.

Литература

1. Теснер П.А. Скорость взаимодействия газов с твердым углеродом // Переработка природного газа: труды ВНИИГАЗ, 1961. Вып. 12/20.

2. Киселев Я.С. Тепловое самовозгорание дисперсных углеродных материалов с неоднородной поверхностью // Физика горения и взрыва. 1973. № 1. С. 124–127.

3. Киселев Я.С., Абрамов А.С. Самовозгорание технического углерода // Пожарное дело. 1979. № 3.

4. Борисов А.А., Киселев Я.С., Удилов В.П. Кинетические характеристики низкотемпературного горения торфа // Теплофизика лесных пожаров. Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. С. 23–30.

5. Киселев Я.С., Топорищев А.А. Особенности кинетики термического окисления древесных материалов при температурах выше и ниже температуры компенсации // Теплофизика лесных пожаров. Новосибирск: ИТФ СО АН СССР. 1984. С. 31–37.

6. Критические условия теплового самовозгорания сенной витаминной муки / Я.С Киселев [и др.] // Научные труды. Омск: Сельхозинститут. 1973. Т.110. С. 104–108.

7. Киселев Я.С. Изопараметрический компенсационный эффект и прогноз самовозгорания. // Тезисы докл. Республ. научно-технического семинара. Севастополь, 1988.

8. Киселев Я.С. Самовозгорание пищевых продуктов при их термической сушке: / дис. … д-ра техн. наук. Омск; Иркутск, 1984.

9. Киселев Я.С. Распределение в твердых самонагревающихся материалах валентных электронов по уровням энергии: монография. СПб.: С.-Петерб. ун-т МВД России, 2000. 61 с.

10. А.С. 312540 (СССР). Способ определения поверхностной активности сажи / Я.С. Киселев (не подлежит опубл. в открыт. печати).

11. Киселев Я.С., Абрамов А.С. Термоокислительная дезактивация углеродных материалов // Журнал прикладной химии. 1977. Т. 50. С. 2243–2247.

12. Кремер Е. Компенсационный эффект в гетерогенном катализе // Катализ. Электронные явления: пер. с англ. Л.О. Апельбаума, О.В. Крылова, И.И. Третьякова / под ред. А.А. Баландина, В.Л. Бонч-Бруевича, С.З. Рогинского. М., 1958. 85 с.

13. Влияние термообработки на технологические и усиливающие свойства саж / Киселев Я.С. [и др.] // Производство и свойства углеродных саж: труды ВНИИСП. 1972. Вып. 1. С. 47–58.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

СТРУКТУРНАЯ ДЕКОМПОЗИЦИЯ СЕТИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА ГПС МЧС РОССИИ

Г.А. Абрамян;
А.С. Крутолапов, кандидат технических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

В результате проведенного анализа подходов к построению сетей была выявлена обобщенная структура сети информационного обмена ГПС МЧС России, послужившая основой для разработки формализованной модели ее представления.

Ключевые слова: сеть, информация, обмен, структура, декомпозиция, графы, теория множеств

STRUCTURIL DECOMPOSITION NETWORKS OF AN INFORMATION EXCHANGE OF STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF EMERGENCY SITUATIONS OF RUSSIA

G.A. Abramyan; A. S. Krutolapov.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

As a result of the lead analysis of approaches to construction of networks the generalized structure of a network of information exchange state fire service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, formed by a basis for development of the formalized model of its representation has been revealed.

Key words: a network, the information, an exchange, structure, decomposition, columns, the theory of sets

Сеть информационного обмена ГПС МЧС России может иметь очень сложную структуру и располагаться за пределами одного здания. Организация взаимодействия между устройствами в сети также является сложной задачей. Как известно, для решения сложных задач используется универсальный прием − декомпозиция, то есть разбиение одной сложной задачи на несколько более простых задач [1]. Декомпозиция часто сопровождает проведение комплексного анализа сложных систем, используется при обслуживании сеть, а также поиска ее компонентов с нарушенным функционированием [2].

Используем многоуровневый подход к анализу сети информационного обмена. В нашем случае она разбивается на отдельные, связанные уровни. Каждый полученный уровень структуры сети решает свой собственный набор задач. Узлы самого нижнего уровня, до которого будет производиться декомпозиция, предназначены для приёма, хранения данных и передачи их в сеть, и их можно объединить по определённым правилам в узлы более высокого уровня [3].

В работе под сетью подразумевается совокупность соединённых сетевых элементов: сетевого оборудования, узлов оконечного оборудования, которые соединены посредством линий связи в виде каналов и магистралей.

Существующая сеть информационного обмена представляется в виде гиперграфа, так как этот способ представления обладает высокой наглядностью, особенно при условии разбиения сети на уровни. Узел графа – экземпляр промежуточного или оконечного сетевого оборудования. Дуга – линия связи, соединяющие указанные составляющие сети.

Сеть можно представить как совокупность составных частей определённого уровня представления. Составляющая сети – объект, свойства которого являются контролируемыми признаками на конкретном уровне представления.

Используя многоуровневый подход при декомпозиции сети, можно выделить три уровня представления структуры сети: магистральный, распределительный, уровень доступа.

На магистральном уровне сеть представлена совокупностью локальных подсетей, объединённых системой магистралей и маршрутизаторов (или схожих по функциям промежуточных устройств сетевого уровня). Подобная структура изображена на рис. 1.

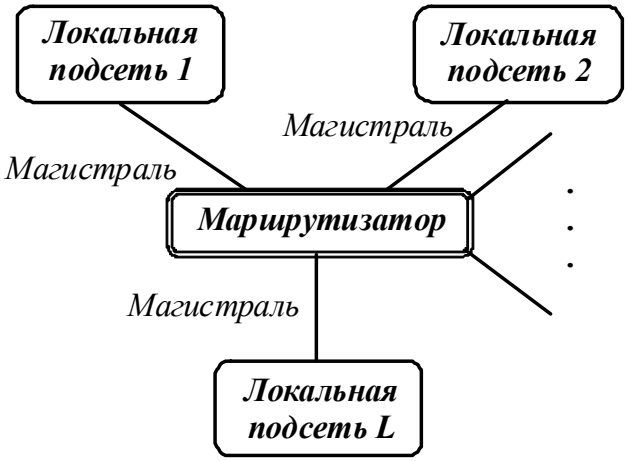


Рис 1. **Составляющие сети на магистральном уровне представления**

На распределительном уровне каждая локальная подсеть представлена совокупностью сетевых сегментов, объединённых системой каналов передачи данных и коммутаторов (или схожих по функциям промежуточных устройств канального уровня) [4]. Данная структура изображена на рис. 2.

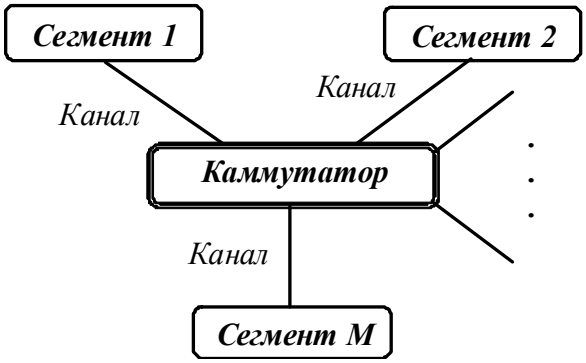


Рис. 2. **Составляющие локальной подсети на распределительном уровне представления**

На уровне доступа сетевой сегмент представлен одним или несколькими экземплярами оконечного оборудования, а также концентраторами (или же схожими по функциям промежуточными устройствами физического уровня), объединёнными системой каналов передачи данных. Эта структура изображена на рис. 3.

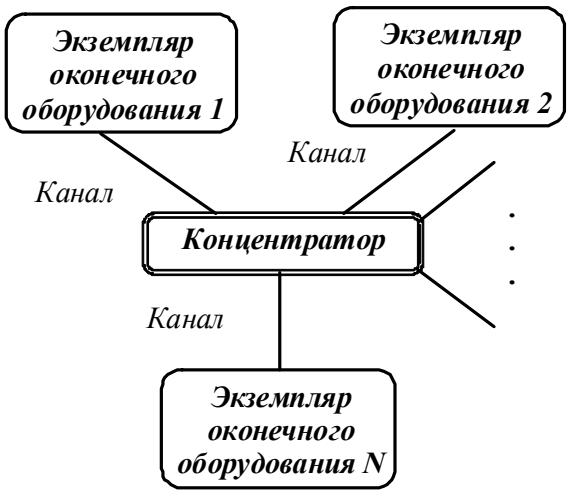


Рис. 3. **Составляющие сетевого сегмента на уровне доступа**

Многоуровневая структура сети представлена на рис 4.

В целях формализации представления сети необходимо разработать модель ее представления [5]. Выше базовой формой отображения структуры были выбраны графы. Однако для решения задач анализа, формирования представления сети информационного обмена ГПС МЧС России воспользуемся понятиями теории множеств.

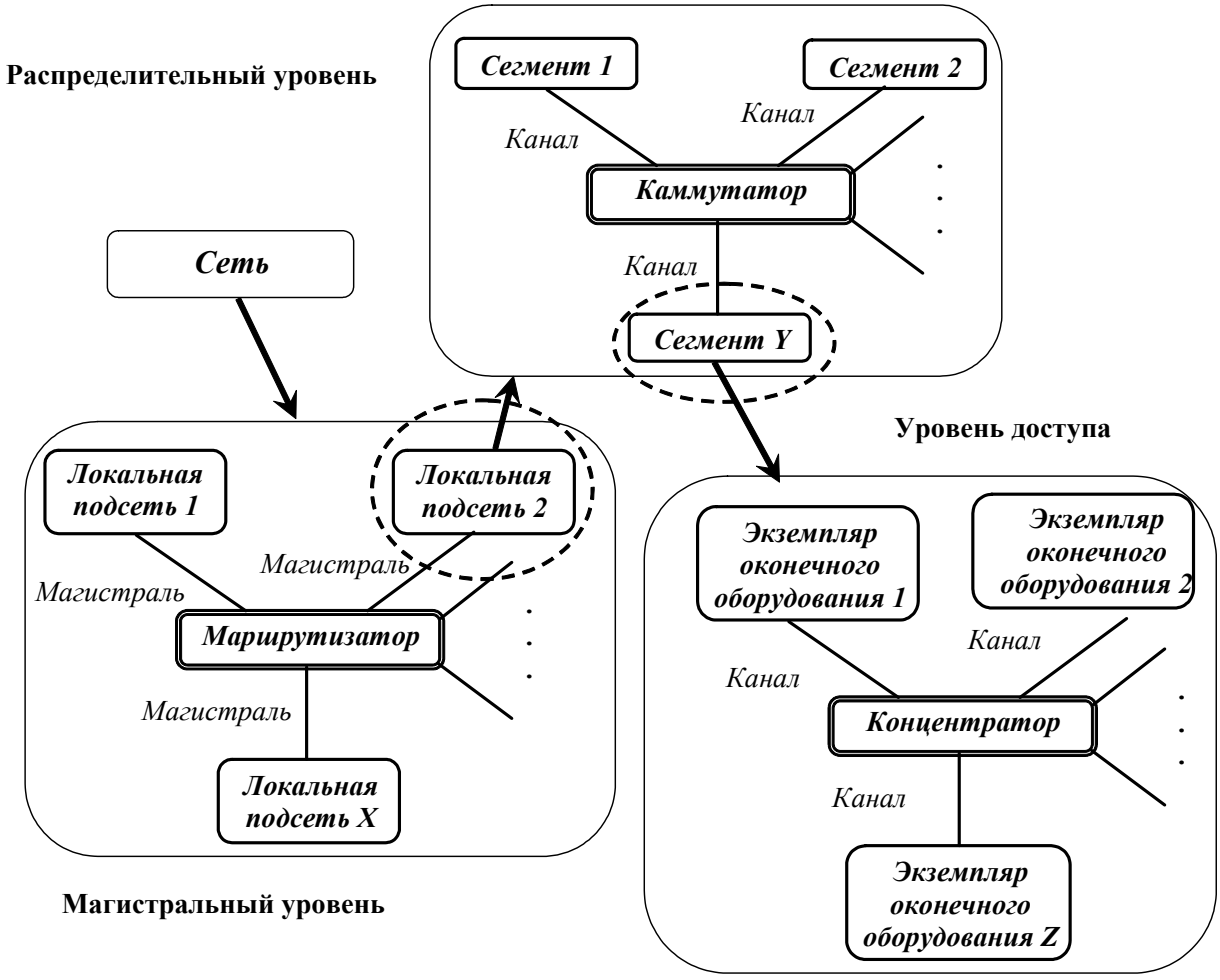


Рис. 4. **Многоуровневая структура сети**

Каждый уровень абстракции представления характеризуется тремя группами

элементов, связанных между собой: оконечные элементы, каналы и промежуточные устройства.

Опираясь на общую структуру сети, изображённую на рис. 4, сеть N можно представить в виде «тройки»:

L – множество локальных подсетей;

R – множество промежуточных устройств сетевого уровня;

M – множество отрезков магистралей.

Сеть информационного обмена можно описать так:

$$N = \{L, R, M\}. \quad (1)$$

Локальную подсеть L можно представить в виде следующих составляющих:

S – множество сетевых сегментов;

Sw – множество промежуточных устройств канального уровня;

Cn – множество линий связи, соединяющих элементы множеств S и Sw.

Сетевой сегмент на распределительном уровне можно описать так:

$$L = (S, Sw, Cn). \quad (2)$$

Сетевой сегмент S можно представить в виде следующих составляющих:

E – множество экземпляров оконечного оборудования;

H – множество промежуточных устройств физического уровня;

Cs – множество линий связи, соединяющих элементы множеств E и H.

Сетевой сегмент на уровне доступа можно описать так:

$$S = (E, H, Cs). \quad (3)$$

Схема детализации компонентов сети по уровням представлена на рис. 5.

<table>
<tr><td>Магистральный уровень</td><td colspan="5">L</td><td>R</td><td>M</td></tr>
<tr><td>Распределительный уровень</td><td colspan="3">S</td><td>Sw</td><td>Cn</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Уровень доступа</td><td>E</td><td>H</td><td>Cs</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

Рис. 5. **Схема детализации компонентов сети по уровням**

Из рис. 5 видно, что при исследовании сети с целью поиска ее проблемных участков часть составляющих может детализироваться. Составляющие сети можно подразделить на две группы: детализируемые DC и недетализируемые NC. Последние составляющие, в свою очередь, делятся на промежуточные устройства TD и каналы C. Составляющие множеств DC и E образуют множество соединяемых компонентов сети RC. Схема сети информационного обмена на каждом уровне абстракции Lv представлена в виде «тройки»:

$$Lv_i=\{RC_i, TD_i, C_i\}, \quad (4)$$

где Lv_i – схема сети на i-м уровне абстракции.

При анализе недетализируемых составляющих сети определённого уровня представления исследуются их контролируемые признаки и составляется отчёт о несоответствии признаков ограничениям желаемыми параметрами. При анализе детализируемых составляющих при нахождении несоответствий составляющая детализируется с последующим анализом признаков каждой получившейся составляющей более низкого уровня представления.

На рис. 5 детализированные составляющие заключены в прямоугольник той же

ширины, что и объединяющая их детализируемая составляющая более высокого уровня представления.

К детализируемым составляющим сети относятся составляющие, принадлежащие множествам *L* и *S*. Составляющие, принадлежащие всем остальным из перечисленных множеств, описывающих структуру сети в формулах (1) – (3), являются недетализируемыми.

Персонал при поиске компонентов сети ГПС МЧС Росси, нарушающих ее функционирование, интуитивно детализирует компоненты сети, перемещаясь вниз по ее иерархической структуре. Сформированная модель представления сети информационного обмена позволяет формализовать перемещение по ее структуре в виде множеств компонентов, часть которых детализируется, при поиске устройств, нарушающих ее функционирование.

Литература

1. Олифер Н.А., Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. СПб.: Питер, 2002. 672 с.

2. Суздальцев А.И. Методологические аспекты анализа и синтеза объектов технических и информационных систем // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2006. № 12. С. 17–21.

3. Программа сетевой академии CISCO CCNA 3 и 4. Вспомогательное руководство.: пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. 994 с.

4. Букатов С.А. Метод оптимального разбиения коммуникационного графа сети на сегменты, удовлетворяющие условиям сходимости протокола STP / // Телематика 2006. [Электронный ресурс] URL: http:// tm.ifmo.ru/ tm2006/ db/doc/ get_thes.php?id=8] (дата обращения: 15.01.2010)

5. Лысков О.Э., Волков В.Н. Построение модели вычислительной сети для ее применеия в процессе поддержки работоспособности сети // Известия Орёл ГТУ. Сер.: Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии: информационные системы и технологии. 2007. № 4/268(535). С. 294–297.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

Д.А. Сычев;
Г.К. Ивахнюк, доктор технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.

Построена математическая модель процессов информационного обмена, которая базируется на математическом аппарате многопотоковых систем массового обслуживания сложной структуры, отличающаяся использованием замкнутых сетей Маркова для описания трафика сообщений и позволяющая оптимизировать управление ресурсами сети.

Ключевые слова: управление сетевыми ресурсами, информационный обмен, многопотоковые системы массового обслуживания

MODELLING OF INFORMATION INTERCHANGE PROCESS AT DATA TRANSMISSION IN SYSTEM OF THE PREVENTION AND LIQUIDATION OF EXTREME SITUATIONS

D.A. Sychev; G.K. Ivahnyk. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The mathematical model of an information exchange processes which is based on the mathematical device of many streams systems of mass service of the complex structure is constructed, differing use of Markov's closed networks for the description of the traffic of messages and allowing to optimize resource management of a network.

Key words: management of network resources, an information exchange, many stream systems of mass service

Федеральный закон «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» от 21 декабря 1994 г. № 68-ФЗ определяет одну из основных задач Единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) как «…сбор, обработка, обмен и выдача информации в области защиты населения и территорий от ЧС» (ст. 4). Рассмотрим потоки случайных событий (запросов) в сети передачи данных (СПД) в рамках системы РСЧС. Для простоты можно считать, что они являются пуассоновскими.

Обоснуем это допущение. Узлы сети дискретны и получают доступ к ресурсу не-одновременно, то есть поток запросов ординарен. В сети он идет постоянно, то есть обладает свойством стационарности. Поскольку неизвестно, какие алгоритмы запрограммированы в узлах, то отсутствует последействие. Следовательно, поток запросов – пуассоновский.

Представим модель СПД с коммутацией сообщений, имеющей M каналов и N узлов [1]. В этой модели предполагается, что M каналов являются бесшумными и абсолютно надежными, а пропускная способность *i*-го канала равна C_i (бит в секунду). Все N узлов, соответствующих центрам коммутации сообщений (пакетов), предполагаются абсолютно надежными и выполняющими операции по коммутации сообщений. Допустим, что время обработки в узлах равно K и является постоянными и пренебрежимо малым.

В модели имеются очереди к каналам и задержки при передаче. Трафик, поступающий в сеть из внешних источников, образует пуассоновский процесс со средним значением γ_{jk} (сообщений в секунду) для тех сообщений, которые возникают в узле j и предназначаются для узла k. Полный внешний трафик, поступающий в систему (и покидающий ее), определяется как

$$\gamma = \sum_{j=1}^{N} \sum_{k=1}^{N} \gamma_{jk} .$$

Для определения внешнего трафика γ целесообразно использовать анализатор протокола, который является основой программно-аппаратного комплекса оптимизации ресурсов сети (статистические данные). Для размещения сообщений в узлах сети имеется память неограниченной емкости. В СПД применяется фиксированная процедура маршрутизации. Это означает, что для данной пары источник–адресат на сети имеется только один путь.

Поскольку каждый канал в сети рассматривается как отдельный обслуживающий прибор, обозначим через λ_i среднее число сообщений в секунду, проходящих по i-му каналу. Как и для внешнего трафика, определим полный трафик в каналах сети:

$$\lambda = \sum_{i=1}^{M} \lambda_i .$$

Пусть стоимость построения i-го канала с пропускной способностью C_i задается произвольной функцией $d_i(C_i)$, зависящей от номера и пропускной способности канала.

Тогда D – стоимость всей сети, которая состоит из стоимости построения каналов,

$$D = \sum_{i=1}^{M} d_i(C_i). \tag{1}$$

Примем среднюю задержку сообщения T за главную характеристику сети. Определим среднюю величину Z_{jk}, как задержку сообщения, которое возникло в j и имеет место назначения k. Эти две средние величины связаны равенством

$$T = \sum_{j=1}^{N} \sum_{k=1}^{N} \frac{\gamma_{jk}}{\gamma} z_{jk}, \tag{2}$$

так как доля $\frac{\gamma_{jk}}{\gamma}$ полного входящего трафика сообщений имеет в среднем задержку, равную Z_{ik}. Это равенство представляет разложение сети по парам источник–адресат [2–4]. Получена открытая многопотоковая сеть массового обслуживания.

Рассматривая фиксированную процедуру выбора маршрутов, обозначим через π_{jk} путь, по которому идут сообщения, возникающие в узле j и идущие в узел k. В путь π_{jk} включен i-й канал (с пропускной способностью C_i), если сообщения, идущие по этому пути, проходят указанный канал $(C_i \in \pi_{jk})$. Отсюда средняя интенсивность потока сообщений λ_i – в i-м канале должна равняться сумме средних интенсивностей потоков сообщений по путям, которые проходят через этот канал:

$$\lambda_i = \sum_j \sum_k \gamma_{jk}, \quad j,k : C_i \in \pi_{jk}.$$

Определим T_i, как время, затраченное на ожидание при передачи по i-му каналу. Это среднее время, проведенное сообщением в системе, где под системой понимается i-й канал (обслуживающий пользователя) и очередь сообщений, стоящая перед этим каналом.

Среднее число сообщений, ожидающих или использующих канал, равно

$$\overline{N}_i = \lambda_i T_i.$$

Среднее число сообщений в сети равно

$$\overline{N} = \gamma T = \sum_{i=1}^{M} \overline{N}_i.$$

Отсюда

$$T = \sum_{i=1}^{M} \frac{\lambda_i}{\gamma} T_i. \tag{3}$$

Рассматриваемая задача анализа T свелась просто к вычислению T_i.

Для описания среднего времени, проведенного сообщением в системе, которая представляет собой отдельный канал, воспользуемся результатами исследований Джексона. Погруженный канал можно рассматривать как такой же канал, действующий независимо от сети, но с пуассоновским потоком на входе, интенсивность которого равна интенсивности, задаваемой сетью. Теперь i-й канал можно представить в виде системы $M/M/1$ с пуассоновским потоком интенсивности λ_i на входе и показательным временем обслуживания со средним $1/\mu$ секунд. Решение для T_i получается из равенства

$$T_i = \frac{1}{\mu_i - \lambda_i}$$

и согласно (3):

$$T = \frac{1}{\gamma}\sum_{i=1}^{M}\frac{\lambda_i}{\mu_i - \lambda_i}.$$

При получении основного результата были сделаны предположения, что время обработки в узле и время распространения равны нулю.

Используя этот анализ задержки, можно сделать количественные выводы в отношении средней задержки сообщения в СПД. При увеличении нагрузки на сеть никакое слагаемое в выражении для задержки не будет доминирующим до тех пор, пока поток в одном из каналов не достигнет пропускной способности этого канала, который соответствует «узкому» месту сети.

Задачи, связанные с СПД, состоят не только в ее анализе, но и в эффективном и оптимальном проектировании. При любом проектировании практической сети приходится решать большое число задач. К их числу относятся: выбор пропускных способностей каналов, принятие процедуры выбора маршрутов, выбор процедуры управления потоками; топологическое проектирование сети, выбор емкости памяти в каждом узле [5]. Рассмотрим три основных, используемых при проектировании алгоритма, выбора [6]:

1) пропускных способностей каналов $\{C_i\}$;

2) потоков в каналах $\{\lambda_i\}$;

3) топологии.

Входящие в них параметры можно варьировать с целью улучшения характеристик сети.

Определим одномерный критерий качества системы (среднюю задержку сообщения T) и минимизируем его (и тем самым оптимизируем работу сети). Так как для задач оптимизации требуется включать некоторые стоимостные ограничения, то введем ограничение на стоимость (2). Таким образом, имеются характеристики сети T, стоимостное ограничение D и три варьируемых при проектировании параметра: $\{C_i\}$, $\{\lambda_i\}$ и топология сети.

При фиксированной процедуре выбора маршрутов доля трафика r_{ij}, который выходит из узла i по каналу, соединяющему узлы i и j, равна либо 0, либо 1 в зависимости от места возникновения и места назначения этого трафика сообщений. При этом подразумевается, что оптимальный выбор трафика в канале $\{\lambda_i\}$ включает отыскание для каждой линии таких теоретических средних интенсивностей потоков сообщений, которые дают минимальную среднюю задержку сообщения.

Определим теперь задачу оптимизации, которая в качестве исходных данных включает множество переменных, варьируемых при проектировании сети. Считается, что заданы положения узлов, требования к внешнему трафику γ_{jk}, стоимости каналов $d_i(C_i)$,

постоянная D, а также предполагается, что используемые потоки $\{\lambda_i\}$ являются реализуемыми (то есть они согласуются с пропускными способностями и ограничениями на внешний трафик, а также удовлетворяют закону сохранения).

Решение включает четыре этапа [6].

Первый этап. Выбор пропускных способностей. Дано: потоки $\{\lambda_i\}$ и топология сети. Минимизировать: T. Варьируются: $\{C_i\}$. Ограничение (1).

Второй этап. Распределение потоков. Дано: $\{C_i\}$ и топология сети. Минимизировать: T. Варьируются: $\{\lambda_i\}$.

Третий этап. Выбор пропускных способностей и распределение потоков. Дано: топология сети. Минимизировать: T. Варьируются: $\{C_i\}$ и $\{\lambda_i\}$. Ограничение (1).

Четвертый этап. Выбор топологии, пропускных способностей и распределения потоков. Минимизировать: T. Варьируются: топологические варианты, $\{C_i\}$ и $\{\lambda_i\}$. Ограничение (1).

В сформулированной задаче оптимизации проектирования сети в системе предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций варьируются положения узлов, требования к трафику, стоимость каналов, а также предполагается, что используемые потоки являются реализуемыми. Решение задачи позволяет оптимально распределить ресурсы сети. Решение оптимизационной задачи в значительной степени зависит от вида стоимостной функции $d_i(C_i)$.

Литература

1. Гнеденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Наука, 1987. 224 с.

2. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Основы моделирования и первичная обработка данных. М.: Финансы и статистика, 1983. 216 с.

3. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Исследование зависимостей. М.: Финансы и статистика, 1985. 198 с.

4. Айвазян С.А., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности. М.: Финансы и статистика, 1989. 268 с.

5. Авен О.И., Гурин Н.Н., Коган Я.А. Оценка качества и оптимизация вычислительных систем. М.: Наука, 1982. 464 с.

6. Башарин Г.П. Теория сетей массового обслуживания. М.: Наука, 1983. 145 с.

ИНВАРИАНТНЫЙ ПРИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ МНОГОЧАСТОТНЫХ СИГНАЛОВ I

В.В. Пусь, доктор технических наук, профессор. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматриваются математические модели различения многопозиционных последовательных многочастотных сигналов и модели обнаружения с различением (классификацией) этих сигналов. В первых моделях известно, что передается один из сигналов, во вторых – возможна ситуация, когда на входе приемника имеется только шум.

Ключевые слова: различение многопозиционных сигналов, обнаружение с распознаванием (классификация) сигналов, последовательные многочастотные сигналы

INVARIANT RECEIVING OF THE SERIAL MULTIFREQUENCY SIGNALS I

V.V. Pus'. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The mathematical models of distinguishing of the multiposition serial multifrequency signals and models of detection with distinguishing (classification) these signals are considered. In the former models it is assume that one of the signals is transmitted, in the last the situation is possible when only the noise be present at receiver's input.

Key words: distinguishing of multiposition signals, detection with distinguishing (classification) signals, the serial multifrequency signals

Российская Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) решает большой круг задач, охватывающий все сферы деятельности экономики страны. РСЧС централизованно управляется посредством подсистем административного управления, обеспечения защиты информации, видео-, геоинформационного обеспечения, информационного обмена. При этом применяются различные типы средств связи и передачи данных, дублирующих друг друга, начиная от космической и радиосвязи и заканчивая телефонными сетями.

Одним из требований, предъявляемых к радиосвязи, является защищенность от естественных и организованных помех.

Наиболее полно это требование удовлетворяется использованием сложных (широкополосных) сигналов [1–7], среди которых особое внимание уделяется последовательным многочастотным (ПМЧ) сигналам, называемым также дискретными частотными или дискретными частотно-модулированными сигналами [8–10]. ПМЧ сигналы являются сравнительно новым и перспективным видом сложных сигналов [11], и методы обработки таких сигналов могут представлять значительный интерес для разработчиков систем связи и управления.

В системах связи с M-позиционными последовательными много-частотными сигналами передаваемый ПМЧ сигнал $s_j(t)$, $j = 1, 2,\ldots, M$ длительностью T ($0 \le t \le T$) представляет собой набор из N элементарных гармонических колебаний (элементов) $s_{rq}(t)$, $r = 1, 2,\ldots, M$, $q = 1, 2,\ldots, N$ длительностью τ ($\tau = T/N$), излучаемых последовательно во времени на разных частотах f_{rq} ($f_{1q} \le f_{rq} \le f_{1q} + (M-1)\Delta f$) с дискретным сдвигом $(r-1)\Delta f$, $r = 1, 2,\ldots, M$; $\Delta f = 1/\tau$ – ширина спектра элемента) относительно частоты f_{1q}:

$$s_j(t) = \sum_{q=1}^{N} \mu[j, k] \prod [t - (q-1)\tau]\, \Phi 1[f_{rq} - (r-1)\Delta f]\, s_{rq}(t), \qquad (1)$$

где

$$s_{rq}(t) = (2E_{rq})^{1/2} f_{rq}(t)\cos(w_{rq}t + \psi_{rq}(t) + \varphi). \qquad (2)$$

В выражениях (1) и (2):

$$\mu[j,k] = \begin{cases} 1, & j = k, \\ 0, & j \ne k, \end{cases}$$

– информационная модулирующая функция, ставящая в соответствие k-му информационному символу ($k = 1, 2,\ldots, M$) j-й ПМЧ сигнал $s_j(t)$, $j = 1, 2,\ldots, M$,

$$\prod[x] = \begin{cases} 1, & 0 \le x \le 1 \\ 0, & \text{при других } x \end{cases} \quad \text{и} \quad \Phi 1[f] = \begin{cases} 1, & f = f_{1q} \\ 0, & f \ne f_{1q} \end{cases};$$

– единичная прямоугольная функция (временное окно длительностью τ) и функция единичного отсчета (частоты). Функция $f_{rq}(t)$ соответствует огибающей и нормирована так,

чтобы излучаемая энергия элемента равна E_{rq}; функция $\psi_{rq}(t)$ соответствует фазовой модуляции элемента и выбирается из условия непрерывности фазы ПМЧ сигнала; $w_{rq}t = 2\pi f_{rq}$ – частота элемента ПМЧ сигнала; φ – начальная фаза ПМЧ сигнала.

Структура ПМЧ сигнала $s_j(t)$, $j = 1, 2,\ldots, M$ задается частотно-временной матрицей размера $M \times N$, а смена элементов (частот) с индексами r (q – любое) ($1 \le r \le M$) осуществляется по закону псевдослучайной последовательности, одинаковому на передающей и приемной сторонах системы связи.

Простые (узкополосные) М-позиционные сигналы, называемые также сигналами многочастотной телеграфии (МЧТ) можно рассматривать как частный случай сложных (широкополосных) ПМЧ сигналов, когда сигналы за их длительность излучаются на одной и той же частоте, скажем, j-й ($j = 1, 2,\ldots, M$) частоте, соответствующей k-му информационному символу ($k = 1, 2,\ldots, M$).

Режим работы системы связи с ПМЧ сигналами необходим в условиях радиопротиводействия. При отсутствии мешающего воздействия целесообразно использовать сигналы многочастотной телеграфии, поскольку переход к ПМЧ сигналам в этих условиях не дает энергетического выигрыша. Поэтому современные приемники наряду с широкополосным режимом должны иметь и узкополосный режим работы; отсюда необходимость в разработке алгоритмов обработки не только ПМЧ сигналов, но и сигналов МЧТ.

Системы связи, как правило, являются синхронными системами, в том смысле, что передача и прием информации производится в определенные промежутки времени, причем начало передачи сообщения (кодограммы) известно с точностью до шага временной сетки (длительности информационного символа) [12]. Отметим, что неопределенность в начале передачи сообщений не так уж редка для систем связи; этот режим работы характерен для командных систем связи, когда кодограмма может быть передана в любой момент, по мере необходимости, для систем экстренного вызова, управления и т. п.

Неопределенность начала передачи в свою очередь диктует необходимость применения в радиоприемных устройствах решающих схем с порогом, установка которого требуется для исключения ложного срабатывания решающей схемы от шумов в отсутствие сигнала.

Обработка сигналов (ПМЧ или МЧТ) на приемной стороне в ждущем режиме (когда сигнал длительностью T может быть передан в момент t или $t + nT$, где n – какое-либо целое число) эквивалентна решению задачи обнаружения с различением (классификацией) j-го M-позиционного сигнала (1) [13, 14], или «задачи обнаружения сигналов с дискретным параметром и измерением этого параметра» [15].

В свою очередь в терминах проверки статистических гипотез указанная задача обнаружения с различением формулируется, как проверка гипотезы H_0 (отсутствия сигнала на входе приемника):

$$H_0:\ r(t) = u(t) + w(t), \quad 0 \le t \le T \tag{3}$$

против взаимозаменяемой альтернативы $\overline{H}$:

$\overline{H}$: справедлива одна из равновероятных гипотез H_j (сигнал присутствует в j-м канале, $j = 1, 2,\ldots, M$), где

$$H_j:\ r(t) = s_j(t) + u(t) + w(t), \quad 0 \le t \le T. \tag{4}$$

В выражениях (3) и (4) $r(t)$ – сигнал на входе приемника; $u(t)$ – шум, параметры которого уточняются в каждом конкретном случае; $w(t)$ – белый гауссов шум с односторонней спектральной плотностью N_0.

Каналы передачи данных в литературе обычно рассматриваются как однолучевые каналы с постоянными параметрами и гауссовым шумом. При этом изучался в основном

прием M-позиционных сигналов в режиме «Информация» (когда заведомо известно, что в момент приема передается один из сигналов $s_j(t)$, $j = 1, 2,\ldots, M$), которому соответствует задача многоальтернативного различения сигналов, формулируемая как проверка одной из равновероятных гипотез H_j (сигнал присутствует в j-м канале, $j = 1, 2,\ldots, M$):

$$H_j:\ r(t) = s_j(t) + w(t), \quad 0 \le t \le T. \tag{5}$$

Решение задачи (5) для когерентных M-позиционных сигналов получено в [16], распространено на некогерентный случай в [17–19] и сводится к (взаимно) корреляционной обработке или эквивалентной ей согласованной фильтрации сигналов в каждой ветви (синфазной и квадратурной подветвях) приема и выбору максимального сигнала на выходах приемных каналов [12, 20–24].

Алгоритм обработки ортогональных ПМЧ сигналов (то есть сигналов, для которых $\int_0^T s_k(t)s_j(t)dt = 0$, $k \ne j = 1, 2,\ldots, M$) с равными энергиями элементов ($E_{11} = E_{12} = \ldots = E_{MN}$) и неизвестной начальной фазой (φ) в точке приема (именно такие сигналы в дальнейшем будут основным объектом нашего исследования), в рамках модели (5) также хорошо известен [2, 19] и сводится к некогерентному приему в целом с когерентным накоплением элементов ПМЧ сигнала, суть которого вкратце заключается в следующем.

В M-канальном приемнике с общим входом вычисляются проекции каждого элемента принятого сигнала на два ортогональных колебания, соответствующие одному из образцов сигнала $s_j(t)$, $j = 1, 2,\ldots, M$, с произвольной начальной фазой (осуществляется некогерентный прием элементов ПМЧ сигнала):

$$X_{rq} = \int_{(q-1)\tau}^{q\tau} 2^{1/2}\, r(t)\, f(t) \cos(w_{rq}t + \psi_{rq}(t) + \varphi)dt,$$

$$Y_{rq} = \int_{(q-1)\tau}^{q\tau} 2^{1/2}\, r(t)\, f(t) \sin(w_{rq}t + \psi_{rq}(t) + \varphi)dt. \tag{6}$$

Затем одноименные проекции элементов X_{rq} (Y_{rq}) – синфазные (квадратурные) компоненты – складываются (накапливаются) когерентно (поскольку все элементы имеют одинаковую начальную фазу):

$$X_{rq}\,(Y_{rq}) = \sum_{q=1}^{N} X_{rq}\,(Y_{rq}). \tag{7}$$

По суммам проекций в каждой ветви приема вычисляется длина вектора принятого сигнала

$$Z_r = (X_r^2 + Y_r^2)^{1/2} \tag{8}$$

или ее квадрат

$$Z_r = (X_r^2 + Y_r^2), \tag{9}$$

соответственно при линейном или квадратичном детектировании, из которого находится наибольшая величина, определяющая j-ю позицию принятого сигнала (номер приемного канала, с которым, не умаляя общности, будем отождествлять номер информационного символа (цифры или буквы)):

$$Z_{\max}^{j} = \max_{1 \le r \le M} Z_r. \tag{10}$$

Таким образом, в некогерентной обработке многопозиционных ПМЧ сигналов можно выделить два основных этапа:

а) поэлементное некогерентное накопление синфазной и квадратурной компонент в каждой ветви приема – будем называть его *внутренней* обработкой;

б) детектирование накопленных напряжений и выбор максимального сигнала на выходах квадратурных каналов – будем называть его *внешней* обработкой.

Детектирование ПМЧ сигналов в каждой ветви приема с последующим выбором максимального сигнала (внешняя обработка) практически ничем не отличается от аналогичной обработки простых МЧТ сигналов.

Особенности накопления (выделения) ПМЧ сигнала при внутренней обработке его элементов и додетекторного накопления МЧТ сигнала для последующего детектирования несущественны и могут быть учтены выбором (заданием) соответствующих отношений сигнал-шум на входе детектора.

Следовательно, результаты (выводы) по внешней обработке сложных ПМЧ сигналов будут справедливы также для простых МЧТ сигналов и наоборот. Потому в дальнейшем при исследовании тех или иных процедур последетекторной обработки мы не будем делать различий между МЧТ и ПМЧ сигналами и при соответствующем описании будем употреблять термин «*многопозиционные сигналы*», подразумевая под этим термином как ПМЧ сигналы, так и МЧТ сигналы.

При решении задачи *различения* M-позиционных ортогональных некогерентных сигналов (проверки гипотез (5)) в литературе использовались различные модели сигналов и шумов на входе приемного устройства. Общим для этих моделей является то, что синфазные и квадратурные компоненты X_r, Y_r, $r = 1, 2,\ldots, M$ на выходах корреляторов (некогерентных согласованных фильтров) рассматривались как независимые нормально распределенные случайные величины с теми или иными параметрами распределения. А именно, – со средними значениями a и b (в отсутствие сигнала $a=b=0$) и дисперсией σ^2 (что символически будем обозначать как $X_r \sim \boldsymbol{N}(a, \sigma^2)$, $Y_r \sim \boldsymbol{N}(b, \sigma^2)$, или, более коротко, $X_r\ (Y_r) \sim \boldsymbol{N}(a\ (b), \sigma^2)$), выражаемыми, в свою очередь, через энергию (мощность) сигнала E (P_c), спектральную плотность (мощность) шума N_0 ($\sigma_ш^2$) и

начальную фазу φ сигнала, равномерно распределенную на интервале $[0, 2\pi]$ (здесь обозначения энергии, мощностей сигнала и шума приведены в соответствии с первоисточниками, модели из которых обсуждаются ниже).

Так в [20, 24] квадратуры при наличии сигнала и фиксированной начальной фазе φ описывались нормальным распределением с параметрами:

$a = (2E/N_0)^{1/2}\cos\varphi$, $b = (2E/N_0)^{1/2}\sin\varphi$ и $\sigma^2 = 1$, то есть $X_r\ (Y_r) \sim \boldsymbol{N}((2E/N_0)^{1/2}\cos\varphi\ ((2E/N_0)^{1/2}\sin\varphi),\ 1)$; в [22] – $X_r\ (Y_r) \sim \boldsymbol{N}(2P_c\cos\varphi\ (2P_c\sin\varphi),\ 2P_c\sigma_ш^2)$; в [21] – $X_r\ (Y_r) \sim \boldsymbol{N}((2E/N_0)\cos\varphi\ ((2E/N_0)\sin\varphi),\ 2E/N_0)$; в [23] – $X_r\ (Y_r) \sim \boldsymbol{N}((2P_c)^{1/2}\cos\varphi\ ((2P_c)^{1/2}\sin\varphi),\ \sigma_ш^2)$; в [12] – $X_r\ (Y_r) \sim \boldsymbol{N}((E/A)\cos\varphi\ ((E/A)\sin\varphi),\ EN_0/2A^2)$, где A – масштабный параметр (амплитуда).

Анализ перечисленных моделей показывает, что они эквивалентны с точностью до масштабных преобразований случайных величин, поэтому в качестве базовой используем модель [20, 24] для частного случая $M = 2$, то есть в дальнейшем будем предполагать, что при наличии сигнала и фиксированной начальной фазе φ квадратуры $X_r\ (Y_r)$ подчиняются нормальному распределению с параметрами $a = E^{1/2}\cos\varphi$, $b = E^{1/2}\sin\varphi$ и $\sigma^2 = N_0/2$.

С учетом выбранной модели, задача *классификации* M-позиционного сигнала по независимым отсчетам (повторной выборке) X_1, $Y_1,\ldots$, X_M, Y_M на выходах синфазных и квадратурных корреляторов (согласованных фильтров) формулируется как проверка гипотезы

$$H_0:\ X_k \sim \boldsymbol{N}(0, N_0/2),\quad Y_k \sim \boldsymbol{N}(0, N_0/2),\quad k = 1, 2,\ldots, M,$$

против одной из равновероятных гипотез H_j, $j = 1, 2,\ldots, M$,

H_j: $X_j \sim \boldsymbol{N}(E^{1/2}\cos\varphi, N_0/2)$, $Y_j \sim \boldsymbol{N}(E^{1/2}\sin\varphi, N_0/2)$, $X_k \sim \boldsymbol{N}(0, N_0/2)$, $Y_k \sim \boldsymbol{N}(0, N_0/2)$, $k \neq j$, $k = 1, 2, \ldots, j-1, j+1, \ldots, M$.

При наличии сигнала в одной из ветвей приема, скажем j-й (справедливости гипотезы H_j, $j = 1, 2, \ldots, M$), совместное распределение квадратур описывается двумерной плотностью

$$p(x_j, y_j) = (\pi N_0)^{-1}\exp(-[(x_j - E^{1/2}\cos\varphi)^2 + (y_j - E^{1/2}\sin\varphi)^2]/N_0). \qquad (11)$$

Переходя в (11) к полярным координатам (выполняя преобразование (8), эквивалентное линейному детектированию)

$$Z_j = (X_j^2 + Y_j^2)^{1/2}, \quad \theta = \operatorname{arctg}(Y_j / X_j)$$

и интегрируя по θ от 0 до 2π, получим плотность распределения отсчетов напряжений при наличии сигнала на выходе j-го квадратурного канала с *линейным* детектором

$$H_j: \; p(z_j) = (2z_j/N_0)\exp(-[(z_j^2 + E]/N_0)\, I_0(2E^{1/2} z_j/N_0), \qquad (12)$$

где $I_0(\cdot)$ – модифицированная функция Бесселя первого рода нулевого порядка.

Аналогичным образом (выполняя в (11) преобразование $Z_j = (X_j^2 + Y_j^2)$, $\theta = \operatorname{arctg}(Y_j / X_j)$ и интегрируя по θ от 0 до 2π, получим плотность распределения отсчетов напряжений при наличии сигнала на выходе j-го квадратурного канала с *квадратичным* детектором

$$H_j: \; p(z_j) = (1/N_0)\exp(-[(z_j + E]/N_0)\, I_0(2(Ez_j)^{1/2}/N_0). \qquad (13)$$

Примечание 1. С учетом очевидной связи между линейным и квадратичным детектированием плотность (13) может быть получена из (12) непосредственно, преобразованием случайной величины, скажем $t = z^{1/2}$.

2. Плотности (12) и (13), строго говоря, являются условными относительно начальной фазы φ сигнала. Однако, поскольку указанные плотности содержат параметра φ, они являются также и безусловными.

Полагая

$$\sigma^2 = N_0/2, \quad \lambda^2 = h^2 = 2E/N_0 = E/\sigma^2, \qquad (14)$$

перепишем плотности (12) и (13) в более наглядной форме (попутно сменив аргументы плотностей: на v – для линейного детектора и w – для квадратичного детектора)

$$p(v) = (v/\sigma^2)\exp(-[v^2/\sigma^2 + \lambda^2]/2)\, I_0(\lambda v/\sigma), \qquad (15)$$

$$p(w) = (2\sigma^2)^{-1}\exp(-[w/\sigma^2 + \lambda^2]/2)\, I_0(\lambda w^{1/2}/\sigma). \qquad (16)$$

Плотности (15) и (16) являются соответственно нецентральным $\sigma^2\chi_2(\lambda)$ (сигма-квадрат хи) и $\sigma^2\chi_2^2(\lambda)$ (сигма-квадрат хи-квадрат) плотностями с 2 степенями свободы и параметром нецентральности λ [25, 26].

Убедимся в этом для плотности (16). Пусть $u_1, \ldots, u_n$ – независимые случайные величины, $u_k \sim N(m_k, \sigma^2)$. Тогда величина $U = \sum_{k=1}^{n} u_k/\sigma^2$ имеет нецентральное χ^2 распределение с n степенями свободы, параметром нецентральности $\lambda = (\sum_{k=1}^{n} m_k^2/\sigma^2)^{1/2}$ и плотностью [27, 28]

$$p(u) = 2^{-n/2}\exp(-[u + \lambda^2]/2)\sum_{j=0}^{\infty} (u^{(n/2)-1+j}\lambda^{2j}/(\Gamma(n/2+j)j!2^{2j})). \qquad (17)$$

Полагая в (17) $n = 2$, имеем $p(u) = (1/2)\exp(-[u + \lambda^2]/2) \sum_{j=0}^{\infty} (\lambda u^{(1/2)}/2)^{2j}/(j!)^2$. Учитывая, что $I_0(x) = \sum_{k=0}^{\infty} (x/2)^{2k} / (k!)^2$ [29], окончательно получим

$$p(u) = (1/2)\exp(-[u + \lambda^2]/2) I_0(\lambda u^{1/2}). \quad (18)$$

Выполняя в (18) преобразование $w = \sigma^2 u$ (переходя от χ^2-распределенной к $\sigma^2\chi^2$ - распределенной величине), находим

$$p(w) = (2\sigma^2)^{-1}\exp(-[w/\sigma^2 + \lambda^2]/2) I_0(\lambda w^{1/2}/\sigma) \quad (19)$$

– результат, совпадающий с (16).

Тот факт, что плотность (15) является нецентральной $\sigma^2\chi$ плотностью легко устанавливается преобразованием $v = w^{1/2}$ в плотности (19), с учетом связи между хи и хи-квадрат распределениями (если $w \sim \chi^2$, то случайная величина $w^{1/2} \sim \chi$).

Мы подробно остановились на связи распределений отсчетов напряжений на выходах квадратурных каналов при наличии сигнала с нецентральными хи и хи-квадрат распределениями потому, что в дальнейшем проблема классификации (обнаружения с различением) M-позиционных сигналов будет трактоваться как проверка многоальтернативных гипотез о параметрах χ (χ^2) распределенных величин. При этом наличие сигнала в одной из ветвей приема будет рассматриваться как разбаланс выборки – появление среди χ (χ^2) распределенных величин элемента с нецентральным распределением.

Такой подход позволит нам при анализе и сравнении синтезируемых процедур использовать известные результаты статистики, в частности, связать отношение сигнал-шум $h^2 = 2E/N_0$ (см. (14)) с однозначно определяемым в статистике параметром нецентральности λ^2, по которому оценивается качество приема.

Действительно, обозначая R – скорость передачи информации: $R = \ln M/T$, где M, T – число позиций, время передачи сигнала, и учитывая, что $E = P_c T$, где E, P_c – энергия, мощность сигнала, и $P_п = N_0 F$, где $P_п$, N_0 – мощность, спектральная плотность мощности шума, F – полоса частот, занимаемая каналом передачи, запишем соотношение (14) в эквивалентной форме

$$\lambda^2 = h^2 = 2E/N_0 = 2P_c FT/P_п = 2P_c F\ln M/R. \quad (20)$$

Из (20) следует, что отношение сигнал/шум $h^2 = 2E/N_0$, однозначно связанное с отношением $P_c/P_п$ мощностей сигнала и шума на выходе приемника, базой (FT) сигнала и скоростью передачи информации R, достаточно полно характеризуют систему связи и может использоваться для сравнения по эффективности различных алгоритмов приема.

Попутно, в рамках рассматриваемого метода корреляционного приема некогерентных сигналов, отметим особенности обработки ПМЧ сигналов и преемственность результатов с использованием данной модели.

Энергия j-го ($j = 1, 2, \ldots, M$) ПМЧ сигнала равна (см. (1), (2))

$$E_j = \int_0^T [\sum_{q=1}^{N} \mu[j, k] \prod[t-(q-1)\tau]\Phi 1[f_{rq} - (r-1)\Delta f] (2E_{rq})^{1/2} f_r(t)\cos(w_{rq}t + \psi_{rq}(t) + \varphi)]^2 dt = \sum_{q=1}^{N} E_{rq}.$$

В силу предположения о равенстве энергий элементов ПМЧ сигналов ($E_{11} = E_{12} = \ldots = E_{MN}$) будут равны также энергии самих ПМЧ сигналов, т.е. $E_1 = E_2 = \ldots = E_M = E$. Поэтому, если на входах синфазного и квадратурного интеграторов отсчеты напряжений подчиняются нормальному распределению со средними $(E^{1/2}/N)\cos\varphi$, $(E^{1/2}/N)\sin\varphi$, дисперсией σ^2/N, то есть

$$X_{rq} \sim \boldsymbol{N}((E^{1/2}/N)\cos\varphi,\ \sigma^2/N), \quad Y_{rq} \sim \boldsymbol{N}((E^{1/2}/N)\sin\varphi,\ \sigma^2/N), \quad (21)$$

то после когерентного накопления N элементов ПМЧ сигнала на выходах интеграторах будем иметь

$$X_{rq} \sim \boldsymbol{N}((E^{1/2}/N)\cos\varphi,\ \sigma^2), \quad Y_{rq} \sim \boldsymbol{N}((E^{1/2}/N)\sin\varphi,\ \sigma^2). \tag{22}$$

Из (21) и (22) следует, что отношения сигнал-шум (по мощности) на входах и выходах интеграторов соответственно равны $h_{\text{вх}}^2 = (E/N^2)/(\sigma^2/N) = E/(N\sigma^2)$; $h_{\text{вых}}^2 = E/\sigma^2$. Отсюда выигрыш за счет некогерентного накопления квадратур (сигнал накапливается пропорционально амплитуде, шум – пропорционально дисперсии) равен $N\,(h_{\text{вых}}^2/\,h_{\text{вх}}^2)$.

Если учесть второй выигрыш в M раз (по числу квадратурных каналов) – за счет использования элементных фильтров (перемножителей) – получим общий выигрыш при корреляционной обработке (согласованной фильтрации), равный

$$B = MN \tag{23}$$

– базе ПМЧ сигналов – хорошо известный результат [2, 10].

Таким образом, рассмотрены общие свойства широкополосных (сложных) последовательных многочастотных сигналов. Показано, что обработка ПМЧ сигналов разбивается на два этапа: внутренняя обработка – накопление элементов ПМЧ сигнала и внешняя обработка – детектирование накопленных напряжений и выбор максимального сигнала, причем внешняя обработка ПМЧ сигналов идентична обработке узкополосных (простых) МЧТ сигналов. Дано математическое описание задачи различения и задачи обнаружения с различением (классификации) M-позиционных сигналов в рамках нормальной модели. Указанные задачи более детально будут рассмотрены во второй части статьи для двух ситуаций: когда дисперсия шума, на фоне которого производится прием сигнала, а) известна и б) неизвестна.

Литература

1. Вакман Д.Е. Сложные сигналы и принцип неопределенности в радиолокации. М.: Сов. радио,1965. 304 с.

2. Окунев Ю.Б., Яковлев Л.А. Широкополосные системы связи с я-составными сигналами. М.: Связь,1968. 168 с.

3. Петрович Н.Т., Размахнин М.К. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Сов. радио,1969. 232 с.

4. Теория и применение псевдослучайных сигналов / А.И. Алексеев, А.Г. Шереметьев, Г.И. Тузов, Б.И. Глазов. М.: Наука,1969. 368 с.

5. Варакин Л.Е. Теория сложных сигналов. М.: Сов. радио,1970. 376 с.

6. Семенов А.М., Сикарев А.А. Широкополосная связь. М.: Воениздат, 1970. 280 с.

7. Диксон Р.К. Широкополосные системы: пер. с англ. М.: Связь, 1979. 304 с.

8. Тузов Г.И. Статистическая теория приема сложных сигналов. М.: Сов. радио,1977. 400 с.

9. Чердынцев В.А. Проектирование радиотехнических систем со сложными сигналами. Минск: Вышэйшая шк., 1979. 192 с.

10. Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь,1985. 384 с.

11. Коротковолновая широкополосная радиостанция «Ангара-5М» / В.И. Сахтеров, Р.В. Писарев [и др.] // Радиотехника и электроника. 2002. Т. 47. № 9. С. 1149–1152.

12. Стиффлер Дж.Дж. Теория синхронной связи: пер. с англ. М.: Связь, 1975. 488 с.

13. Гуткин Л.С. Теория оптимальных методов радиоприема при флуктуационных помехах. М.: Сов.радио, 1972. 448 с.

14. Pfanzagl J. Ein Kombiniertes Test & Klassifications Problem // Metrika. 1959. B. 2. №. 1. P. 11–45.

15. Вайнштейн Л.А., Зубаков В.Д. Выделение сигналов на фоне случайных помех. М.: Сов. радио, 1960. 448 с.

16. Котельников В.А. Теория потенциальной помехоустойчивости. М.: Госэнергоиздат, 1956. 150 с.

17. Reiger S. Error Rate in Data Transmission // Proc. IRE. 1958. V. 45. P. 919–920.

18. Финк Л.М. О потенциальной помехоустойчивости при неопределенной фазе сигнала // Труды Академии: материалы докторских диссертаций инженер-полковника Финка Л.М. и инженер-полковника Длугача Г.В. / Л.ВКАС. 1958. С. 5–21.

19. Финк Л.М. О потенциальной помехоустойчивости при неопределенной фазе сигнала // Радиотехника. 1959. Т. 14. № 1. С.43–54.

20. Возенкрафт Дж., Джекобс И. Теоретические основы техники связи: пер. с англ. М.: Мир, 1969. 640 с.

21. Витерби Э.Д. Принципы когерентной связи: пер. с англ. М.: Сов. радио, 1970. 392 с.

22. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. М.: Сов. радио, 1970. 744 с.

23. Стейн С., Джонс Дж. Принципы современной теории связи и их применение к передаче дискретных сообщений: пер. с англ. М.: Связь, 1971. 376 с.

24. Ван Трис Г. Теория обнаружения, оценок и модуляции: пер. с англ. М.: Сов. радио, 1972. 744 с. Т. 1.

25. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применения. М.: Наука, 1968. 548 с.

26. Справочник по специальным функция: пер. с англ. / под ред. М. Абрамовица и И. Стиган.. М.: Наука,1979. 832 с.

27. Андерсон Т. Введение в многомерный статистический анализ. М.: ГИФМЛ, 1963. 500 с.

28. Patnaik P.B. The Non-central χ^2 and *F*-distributions and Their Applications // Biometrika. 1949. V. 36. P. 202–232.

29. Двайт Г.Б. Таблицы интегралов и другие математические формулы: пер. с англ. М.: Наука, 1964. 228 с.

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ОЦЕНКЕ АВАРИЙНЫХ РИСКОВ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор.
Военный инженерно-технический университет, Санкт-Петербург.
В.П. Сугак, доктор военных наук, кандидат технических наук, профессор.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Раскрывается практическая значимость инженерного теплотехнического расчета для оценки пригодности к эксплуатации ограждающей конструкции на этапе ее проектирования. Методом компьютерного моделирования предлагается выполнение теплотехнического расчета в информационной среде *Exell* для трех типов многослойной ограждающей конструкции: с известными материалами и толщинами слоев; с неизвестной толщиной утеплителя; с неизвестным материалом слоя.

Ключевые слова: тепло-массообмен, алгоритм, тепловой расчет, влажностный расчет, теплотехнический расчет, критерий «теплой» стены, зона конденсации влаги

COMPUTER MODELING OF THERMAL PROCESSES IN THE ASSESSMENT OF EMERGENCY RISKS BARRIERING CONSTRUCTIONS

L.V. Medvedeva. Military engineering university, Saint-Petersburg.
V.P. Sugak. Saint-Petersburg university State fire service of EMERCOM of Russia

In the article practical meaningfulness of engineering heating engineering calculation opens up for the estimation of fitness to exploitation of barrieing construction on the stage of its planning. The method of computer design is offer implementation of heating engineering calculation in an informative environment for three types of multi-layered barrieing construction: with the known materials and thicknesses of layers; with the known materials and thicknesses of "utepliter"; with the known materials and thicknesses material layer

Key words: heater-masser change; algorithm; thermal calculation; moistlyful calculation; heating engineering calculation; criterion of "warm" wall; area of condensation of moisture

Разрушение купола аквапарка в Москве стало самой крупной техногенной катастрофой в истории столицы России. В ходе анализа всех обстоятельств трагедии среди прочих выдвигалась версия о нарушениях при проектировании купола аквапарка строительных теплофизических норм, обеспечивающих допустимое состояние ограждающей конструкции в реальных условиях тепломассообмена с окружающей средой.

Многолетний ретроспективный анализ процесса проектирования различных по функциональному назначению ограждающих конструкций позволяет авторам выделить в нем следующие недостатки:

– систематическое нарушение целостности теплотехнического расчета (на практике выполняется тепловой расчет ограждающей конструкции, а влажностный расчет чаще вообще не выполняется);

– при выборе строительных материалов и решении проблемы их комбинации в ограждающей конструкции определяющую роль играют не результаты анализа физических процессов тепломассообмена в ограждающей конструкции, а оценки ее экономической эффективности;

– нарушение целостности проекта строительной конструкции, обусловленное отсутствием действительной взаимосвязи результатов различных инженерных расчетов, выполняемых в рамках единого проекта.

Представляется, что главной причиной возникновения указанных недостатков является недооценка как практической значимости инженерного теплотехнического расчета, так и решающей роли его результатов при определении пригодности к эксплуатации строительной ограждающей конструкции. Теплотехнический расчет («тепловой расчет»+«влажностный расчет») позволяет выявить зону конденсации влаги внутри ограждающей конструкции еще на этапе ее проектирования. Зона конденсации влаги в толще ограждающей конструкции вызывает ее «отсыревание» [1, 2]. При низких температурах замерзание влаги способствует возникновению дополнительных внутренних механических напряжений, неравномерное усиление которых в процессе эксплуатации (например, неравномерный обильный снежный покров на куполе аквапарка) приводит к разрушению ограждающей конструкции. Образование зоны конденсации влаги определяется в ходе влажностного расчета по взаимному положению распределений давлений насыщенного пара и давлений пара, которые строятся в толще ограждения по результатам теплового расчета. Таким образом, невыполнение влажностного расчета может нивелировать значимость всех других инженерных расчетов, выполняемых в рамках единого строительного проекта [3, 4].

Методом компьютерного моделирования предлагается выполнение теплотехнического расчета для трех типов многослойной ограждающей конструкции:

– с известными материалами и толщинами слоев;

– с неизвестной толщиной утеплителя;

– с неизвестным материалом слоя.

В указанных типах задач в качестве модели выступает программа теплотехнического расчета, алгоритмы которой разработаны в информационной среде *Exell*. Использование компьютерной программы позволяет на стадии проектирования в различных условиях тепло-массообмена с окружающей средой оценить теплофизические характеристики (пригодность к эксплуатации) различных моделей ограждающей конструкции [4]. Пригодная к эксплуатации стена должна быть «теплой» и одновременно «сухой», то есть не содержать в своей толще зоны конденсации влаги.

Пользователь компьютерной программы для оценки теплофизических параметров различных моделей ограждающей конструкции включается в экспертную информационную систему, содержащую в обобщенном варианте несколько функциональных блоков, некоторые из которых объединяются в функциональные группы (рис.1).

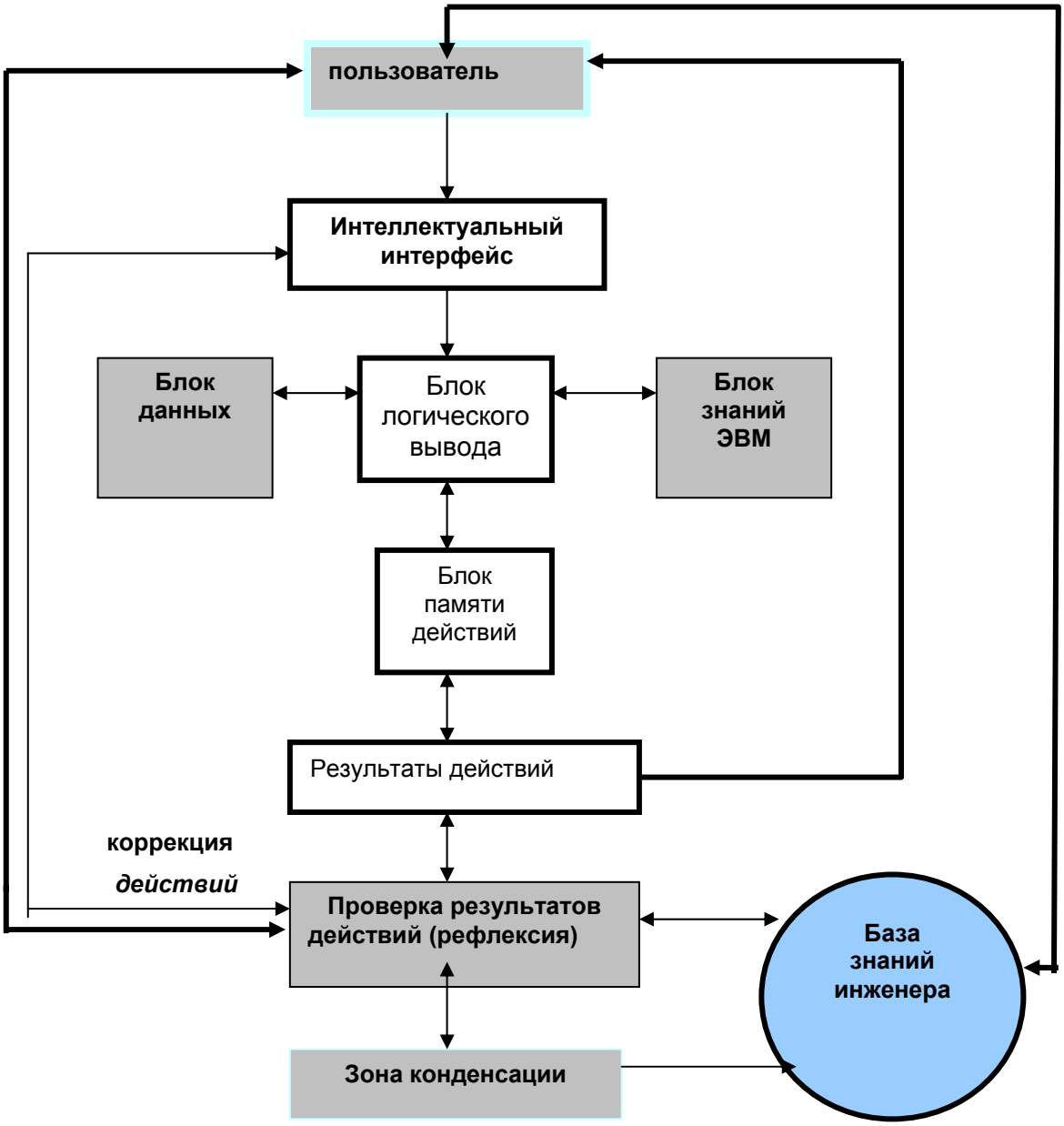


Рис. 1. **Функциональные блоки интеллектуальной информационной системы**

Интеллектуальный интерфейс обеспечивает эффективную обратную связь системы с пользователем и внешней средой. В состав интеллектуального интерфейса могут входить естественноязыковый блок и блок когнитивной графики. Естественноязыковый блок обеспечивает связь пользователя с системой на естественном языке. Подразумевается ввод и понимание системой текстов на этом языке, а также вывод текстов из системы и понимание их пользователем. Таким образом, обеспечивается интерактивный обмен информацией между пользователем и системой. Блок когнитивной графики дает возможность пользователю воспринимать результаты работы системы в графической форме и общаться с ней на языке графики.

База данных содержит постоянные сведения о предметной области (константы, табличные данные и т.д.). *База знаний)* содержит знания, необходимые для организации работы системы. База знаний может содержать следующие структурные компоненты: базу знаний из предметной области; базу знаний по организации процесса поиска оптимального решения; базу знаний по возможным ошибкам пользователя.

Система дидактического планирования обеспечивает целенаправленную работу информационной системы в зависимости от уровня подготовки, возрастных особенностей пользователя, а также содержания общих и частных дидактических целей.

Блок логического вывода выбирает необходимые сведения из базы знаний, базы данных и других блоков системы, на основе которых формируется заключение о возможных путях решения учебной проблемы обучающегося.

Блок объяснения служит для обоснования полученных системой решений с привлечением информации, которая хранится в базе знаний. Блок объяснения вызывается по желанию пользователя.

В качестве примера рассмотрим алгоритм теплотехнического расчета многослойной ограждающей конструкции с известными материалами и толщинами слоев [4].

В ходе теплотехнического расчета определяются: требуемое сопротивление теплопередачи R_0^{mp}; градусо-сутки отопительного периода (ГСОП); приведенное сопротивление теплопередачи $R_{пр}$; полное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции R_0; удельный тепловой поток q; температуры на границах слоев ограждения t_i; давления насыщенного пара на границах слоев ограждения $p_{нас}(t_i)$; сопротивления паропроницаемости слоев ограждения R_{ni}, $i = 1,2,...,n$; полное сопротивление паропроницаемости ограждающей конструкции R_{n0}; удельный поток пара g; давления пара на границах слоев ограждения $p\ (t_i)$.

АЛГОРИТМ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

Тепловой расчет ограждающей конструкции (часть 1)

1. Расчет требуемого сопротивления теплопередачи

$$R_0^{mp} = \frac{n_1 \cdot (t_в - t_н)}{\Delta t^н} \cdot R_в,$$

где n_1 – нормативный поправочный множитель; $t_в$ – температура воздуха в помещении;

$t_н$ – температура воздуха на улице; $\Delta t^н$ – нормативный перепад температур; $R_в$ – сопротивление внутреннего пограничного слоя воздуха;

2. Расчет ГСОП

$$ГСОП = [t_в - t_{от.пер.}] \cdot Z_{от.пер.},$$

где $t_в$ – температура воздуха в помещении; $t_{от.пер.}$ – средняя температура отопительного периода; $Z_{от.пер.}$ – продолжительность отопительного периода.

3. Определение по значению ГСОП методом интерполяции по справочной таблице приведенного сопротивления теплопередачи $R_{пр}$.

4. Расчет тепловых сопротивлений слоев ограждающей конструкции

$$R_i = \frac{b_i}{\lambda_i}, \quad i = 1,2,...,n,$$

где b_i – толщина i-го слоя; λ_i – коэффициент теплопроводности материала I-го слоя; n – число слоев ограждающей конструкции.

5. Расчет полного теплового сопротивления теплопередачи

$$R_0 = R_в + \sum_{i=1}^{n} R_i + R_н,$$

где $R_в$ – сопротивление внутреннего пограничного слоя воздуха; $R_н$ – сопротивление наружного пограничного слоя воздуха; R_i – тепловые сопротивления слоев ограждающей конструкции (i=1,2, …, n); n – число слоев ограждающей конструкции.

6. Проверка критерия «теплой» стены: полное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции должно быть больше приведенного сопротивления $R_{пр}$ и требуемого сопротивления теплопередачи $R_0^{тр}$:

$$R_0 \phi R_0^{тр}. \; R_0 \phi R_{пр} \; .$$

При невыполнении одного из неравенств этого критерия необходимо осуществить коррекции исходных данных, которые обеспечат увеличение полного сопротивления теплопередачи ограждающей конструкции (см. пункт 4 данной инструкции).

7. Расчет удельного потока тепла

$$q = \frac{t_в - t_н}{R_0},$$

где $t_в$ – температура воздуха в помещении; $t_н$ – температура воздуха на улице; R_0 – полное сопротивление теплопередачи ограждения.

8. Расчет температур на границах слоев ограждающей конструкции

$$t_i = t_{i-1} - q \cdot R_i$$

где t_i – температура на правой (от внутренней поверхности ограждения) границе *i*-го слоя ограждающей конструкции; t_{i-1} – температура на левой (от внутренней поверхности ограждения) границе *i*-го слоя ограждающей конструкции; q – удельный тепловой поток; R_i – тепловое сопротивление *i*-го слоя ограждающей конструкции.

9. Построение распределения температур по толщине ограждения.

Влажностный расчет ограждающей конструкции

1. Определение давлений насыщенного пара для температур на границах слоев, а также для температур дополнительных точек внутри слоев.

2. Расчет давления пара (упругости пара) в помещении и на улице

$$p_в = \frac{p_{нас}(t_в)\cdot\varphi_в}{100}; p_н = \frac{p_{нас}(t_н)\cdot\varphi_н}{100} \quad ,$$

где $p_{нас}(t_в)$ – давление насыщенного пара при комнатной температуре; $\varphi_в$ – относительная влажность воздуха в помещении, %; $p_{нас}(t_н)$ – давление насыщенного пара при температуре воздуха на улице; $\varphi_н$ – относительная влажность воздуха на улице, %.

3. Расчет сопротивлений паропроницаемости слоев ограждающей конструкции:

$$R_{ni} = \frac{b_i}{\mu_i}; i = 1,2....n \,,$$

где b_i – толщина *i*-го слоя; μ_i – коэффициент паропроницаемости *i*-го слоя; n – число слоев ограждения.

4. Расчет полного сопротивления паропроницаемости

$$R_{n0} = \sum_{i=1}^{n} R_{ni},$$

где R_{ni} – сопротивление паропроницаемости *i*-го слоя ограждающей конструкции, i=1,2, …,n; n – число слоев ограждающей конструкции.

5. Расчет удельного потока пара

$$g = \frac{p_в - p_н}{R_{n0}},$$

где $p_в$ – давление пара при температуре в помещении $t_в$; $p_н$ – давление пара при температуре на улице $t_н$; R_{n0} – полное сопротивление паропроницаемости ограждения.

6. Расчет давлений пара на границах слоев ограждающей конструкции

$$p_i = p_{i-1} - g \cdot R_{ni},$$

где p_i – давление пара на правой (от внутренней поверхности ограждения) границе *i*-го слоя ограждающей конструкции; p_{i-1} – давление пара на левой (от внутренней поверхности ограждения) границе *i*-го слоя ограждающей конструкции; g – удельный поток пара; R_{ni} – сопротивление паропроницаемости *i*- того слоя ограждающей конструкции.

7. Построение распределения парциального давления и давления насыщенного пара на одном графике.

Исходными данными для выполнения *теплового расчета* являются:

– число слоев ограждающей конструкции; пронумерованные от внутренней поверхности конструкции;

– известные толщины слоев (в метрах!)**;**

– условия эксплуатации ограждающей конструкции (СниП II–3–79*);

– коэффициенты теплопроводности материалов слоев ограждающей конструкции**;**

– нормативные параметры: сопротивление внутреннего пограничного слоя воздуха ($R_в$ = 0,115 м·°С/Вт); сопротивление наружного пограничного слоя воздуха ($R_н$ = 0,043 м·°С/Вт); нормативный перепад температур ($\Delta t^н$ = 4 °С); нормативный поправочный множитель (n_1=1); средняя температура отопительного периода ($t_{от.пер.}$); продолжительность (в сутках) периода с установленной среднесуточной температурой ($Z_{от.пер.}$).

При выполнении теплового расчета по рассчитанному значению ГСОП, (СНиП II- 3 – 79*) определяется приведенное сопротивление теплопередачи $R_{пр}$. При невыполнении одного из неравенств критерия «теплой» стены на экране дисплея появляется информация о невыполнении критерия (русский текст красным шрифтом). Расчет останавливается до тех пор, пока пользователь не обеспечит выполнение критерия. Если выбранный вариант коррекции удовлетворительный, то расчет продолжается автоматически.

Построение графика распределения температур в толще ограждения осуществляется путем вызова в соответствии с количеством слоев ограждения соответствующего листа построения графика (по горизонтали внизу страницы).

Исходными данными для выполнения *влажностного расчета* являются: влажности воздуха в помещении $\varphi_в$ (%) и на улице $\varphi_н$ (%); коэффициенты паропроницаемости материалов слоев;. температуры на границах слоев ограждающей конструкции (*результаты теплового расчета*), а также температуры промежуточных точек внутри слоев (эти точки пользователь выбирает самостоятельно); давления насыщенного пара для всех температур.

При выполнении *влажностного расчета* строят графики распределения давления насыщенного пара и давления пара в толще ограждающей конструкции, выбрав соответствующий лист внизу экрана. Анализируют результаты теплотехнического расчета и делают окончательный вывод о пригодности ограждающей конструкции к эксплуатации.

При необходимости осуществляют процедуру устранения зоны конденсации влаги внутри ограждения: вносят коррективы в исходные данные теплового расчета, осуществляют тепловой расчет, а затем влажностный расчет. Число вызовов программы теплотехнического расчета не ограничивается.

Рекомендации к выполнению коррекции исходных данных задачи при нарушении критерия «теплой» стены

При невыполнении критерия «теплой» стены в исходных данных можно осуществить:

1) коррекцию толщины отделочных слоев (первый и последний слои) ограждающей конструкции. При этом следует помнить:

– толщина слоя штукатурки не должна превышать 3, 5 см;

– для отделочных материалов – стандартных плит – допустимые толщины;

– для кирпича стандартный шаг – полкирпича;

2) коррекцию толщины слоя утеплителя;

3) введение дополнительного слоя. Это может быть отделочный слой или прослойка между утеплителем и отделочным слоем (внутренним или наружным);

4) замену утеплителя.

Пользователь может комбинировать варианты коррекции или осуществлять коррекции в одном направлении, которое представляется наиболее рациональным. При выполнении коррекции исходных данных рекомендуется придерживаться следующих требований:

– коррекции должны быть экономически оправданы;

– замена утеплителя является крайней мерой;

– затраты на изменение ограждающей конструкции должны быть сведены к минимуму, поэтому не следует увлекаться отделками из дорогостоящих материалов.

Общие рекомендации по устранению зон конденсации влаги в толще ограждающей конструкции

Зона конденсации влаги в толще ограждения вызывает «отсыревание» конструкции, а при низких температурах замерзание влаги приводит к возникновению дополнительных механических напряжений внутри ограждающей конструкции, что обусловливает их разрушение. Конструкция наружной стены, в которой еще на стадии проектирования выявлена зона конденсации влаги, не может являться пригодной для эксплуатации [1,2].

Общим указанием по устранению зоны конденсации принято считать следующее требование: в многослойных конструкциях слои располагают в порядке возрастания значений коэффициентов паропроницаемости и одновременно уменьшения значений коэффициентов теплопроводности материалов слоев:

$$\frac{\mu_1 \pi \mu_2 \pi \cdots \pi \mu_n}{\lambda_1 \phi \lambda_2 \phi \cdots \phi \lambda_n}.$$

Соблюдение этих условий, как правило, поднимает график распределения давления насыщенного пара над графиком распределения давления в толще ограждающей конструкции [1, 2].

Вместе с тем надо отметить тот факт, что задача моделирования пригодной для эксплуатации ограждающей конструкции является многомерной. Это значит, что существенное значение имеют: порядок взаимного расположения слоев, изменение толщины слоев, комбинация указанных вариантов. Необходимо проанализировать все возможные варианты оптимизации ограждающей конструкции и самостоятельно принять окончательное решение, правильность которого проверяется в ходе теплотехнического расчета.

Очевидно, что решение этих задач не может быть найдено путем создания «умных» информационных систем , которые могут предоставить готовые ответы, готовые рецепты решений, дать объяснения и исправить «запрограммированные» ошибки. Дело не только и не столько в совершенствовании «искусственного интеллекта», сколько в интенсификации интеллекта пользователя, включенного в «человеко-машинную» систему. Интенсификация интеллекта трансформируется в позицию «жизненного компаса человечества, камертона истины, критерия разумности и эффективности любых человеческих начинаний, в первую очередь инноваций, в том числе информатизации» [3]. Дальнейшее наращивание

интеллектуальной мощности компьютеров может оказаться бессмысленным, если человеческий мозг окажется не в состоянии эффективно перерабатывать поступающую к нему информацию.

Пользователь должен работать на ЭВМ в диалоговом режиме, который является высшей формой интерактивного взаимодействия человека и ЭВМ, обеспечивая дозированный обмен информацией в системе «пользователь – ЭВМ» [3, 4]. При этом должно поддерживаться в определенной степени равноправие между человеком и ЭВМ, обеспечиваться высокий уровень взаимопонимания, управления деятельностью, взаимной помощи и обучения, а также утверждаться приоритет человеческого разума в решении инженерных проблем.

Предложенное компьютерное моделирование теплофизических процессов в ограждающих конструкциях в разработанной схеме информационных систем может эффективно использоваться не только в строительном деле, но и при моделировании квазипрофессиональной и учебно-профессиональной деятельности будущего специалиста.

Литература

1. Ильинский В.М. Строительная теплофизика: ограждающие конструкции и микроклимат зданий. М.: Стройиздат, 1977.

2. Шильд Е. Х-Ф, Дамен Г., Поленц Р. Строительная физика. М.: Стройиздат, 1982.

3. Головкин Л.В., Черкесов Л.В. Развитие методов и средств моделирования теплофизических процессов и полей / Харьковский институт радиоэлектроники. Харьков. Деп. В УкрИНТЭИ 12.09.1992 № 1402 Ук-92.

4. Данилов И.Л., Медведева Л.В. Решение профессионально-ориентированных задач по строительной физике методом компьютерного моделирования. СПб.: ВИТУ, 2004.

ПОИСК ИСТОЧНИКОВ УГРОЗ БЕЗОПАСНОСТИ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

А.Ю. Иванов, доктор технических наук, доцент;
А.А. Панов. Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Исследованы вопросы применения некоторых положений теории поиска для обнаружения объектов, нарушающих безопасность в информационных системах. Рассмотрены задачи распределения поисковых усилий в различных условиях осведомленности наблюдателя о нахождении цели поиска.

Ключевые слова: поиск, информационная безопасность, теория поиска, поисковое пространство, распределение поисковых усилий

SEARCH OF SECURITY THREATS IN DATA SYSTEMS

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

The article analyses aspects of some search theory states for detection of objects which are disturbed security in data systems. Problems of search distribution under different conditions of observer’s knowledge about a target location are discussed

Key words: search, information security, search theory, search area, search distribution

В настоящее время признано, что в информационных системах различного назначения и принадлежности на первый план выдвигаются угрозы нарушения безопасности, исходящие от авторизованных пользователей. Многочисленные существующие методы и средства

защиты информации, напротив, направлены в основном на нейтрализацию внешних угроз (например, межсетевые экраны, сетевая трансляция адресов и т.п.). Разрабатываемые подходы к обеспечению внутренней безопасности информационных систем отличаются ориентацией на предотвращение нарушений со стороны пользователей (совершенствование систем аутентификации, разграничения доступа, криптографической защиты и т.д.). Существующие системы обнаружения различного рода атак, в том числе и внутреннего происхождения, основаны на статистических наблюдениях или экспертном анализе поведения субъектов и объектов информационной безопасности. Их внедрение в практику связано с существенными материальными издержками. К тому же эти системы не лишены таких недостатков как ложные срабатывания, пропуски атак, слабая реакция на нетрадиционные каналы проникновения, а также отсутствие математических основ обнаружения атак [1].

Информационные системы относятся к классу сложных систем во многих аспектах, в том числе и с точки зрения безопасности. В них существует и функционирует множество субъектов и объектов информационных отношений, многие из которых являются нарушителями безопасности и дезорганизуют работу пользователей – должностных лиц органов управления. Такое положение требует реализации процедур поиска и обнаружения указанных субъектов и объектов с целью нейтрализации их действий. В настоящее время отсутствуют модели и методы осуществления направленного поиска нарушителей и факторов, свидетельствующих об их деятельности, в информационных системах и пространствах, что отрицательно сказывается на развитии и применении технологии противодействия угрозам нарушения информационной безопасности. Это порождает научную проблему, связанную с необходимостью разработки математических моделей, методов и алгоритмов поиска источников угроз нарушения безопасности в информационных системах.

Основные положения теории поиска

Теория поиска появилась во время Второй мировой войны как ответ на потребность эффективного обнаружения боевых единиц противника, в частности кораблей и подводных лодок. Известны ее применения для поиска полезных ископаемых, для действий поисково-спасательных подразделений и т.п. Эта теория является составной частью исследования операций [2].

Субъект поиска обычно называют *наблюдателем*, а объект поиска – *мишенью*. Таким образом, собственно поиск можно определить как *планирование и реализацию наблюдения с целью обнаружения мишени*. Совокупность ресурсов, необходимых для осуществления поиска, называют поисковыми усилиями.

Сосредоточение внимания на конкретной стратегии поиска позволяет сократить перечень мероприятий и повысить эффективность поиска. Поэтому представляет интерес классификация видов поиска по различным признакам.

По характеру используемых в поисковой операции средств выделяют *визуальный* и *приборный* поиск.

По положению наблюдателя различают *стационарный* поиск и *активный* поиск (поиск в движении). Последний может быть разделен на следующие виды: поиск по маршрутной линии, поиск по взаимно параллельным маршрутам, поиск в квадрате, поиск по случайным маршрутам.

В зависимости от положения мишени можно выделить поиск *неподвижной мишени* и поиск *движущейся мишени*. Второму случаю могут быть поставлены в соответствие: поиск мишени, движущейся независимо от поведения наблюдателя и поиск активно ускользающей мишени.

Конкретизация характера поискового пространства позволяет определить поиск *в непрерывном пространстве* и поиск *в дискретном пространстве*.

Наличие априорной информации о мишени служит признаком для выделения поиска *в*

условиях полной неопределенности (сведения о расположении и перемещении мишени отсутствуют) и поиска *в условиях частичной неопределенности* (наблюдатель располагает некоторой информацией о расположении и перемещении мишени).

Наиболее часто в качестве критериев эффективности поиска принимают максимум вероятности обнаружения мишени при ограничениях на поисковые усилия, а также минимум средней продолжительности поиска.

Информационные системы как поисковые пространства

С позиций системного анализа сложный характер информационных систем проявляется в следующем. Во-первых, в системе присутствуют разнообразные элементы с точки зрения безопасности информации. К ним можно отнести пользователей (авторизованных и нарушителей), технические устройства, файлы, базы данных и т.д. Во-вторых, между названными элементами существуют разнообразные связи. Они могут быть структурными (определяющими характер построения системы) или разрешительными (определяющими правила доступа одних элементов к другим в процессе функционирования системы). Формально пространство информационной системы может быть представлено в виде графа **Г**(**U**,**B**), где **U** = $\{U_i\}$ – множество элементов, **B** = $\{B_{ij}\}$ – множество связей между элементами.

Объектами поиска (мишенями) могут выступать:

1) недобросовестные пользователи;

2) нештатное оборудование, например, самостоятельно установленные пользователями модемы, беспроводные устройства и т.п.;

3) постороннее программное обеспечение, например игровые программы (также самостоятельно инсталлированные пользователями);

4) внедренный вредоносный код;

5) следы успешно проведенных или прерванных атак;

6) программы, являющиеся инструментами нарушителей безопасности информации, такие как перехватчики сетевых пакетов, сканеры портов, взломщики паролей и т.п.

Этот перечень открыт, со временем он может пополняться другими объектами, поиск которых необходим для повышения уровня информационной безопасности.

По своему характеру пространство информационных систем не является непрерывным. К тому же локализация объектов поиска может быть только дискретной. Задачи поиска объектов в дискретных пространствах имеют отличия от аналогичных задач, решаемых в непрерывных пространствах и ставших классическими.

Распределение поисковых усилий в условиях полной неопределенности

В наиболее неблагоприятном случае наблюдатель ничего не знает о координатах мишени в поисковом пространстве. Ему может быть известно лишь то, что мишень находится в некоторой области W, состоящей из N узлов (рисунок).

Вероятность обнаружения мишени в подобласти W_i $(W_i \in W)$, состоящей из M_i узлов, определяется как произведение вероятности того, что мишень окажется в этой подобласти (M_i/N), на вероятность того, что мишень будет обнаружена, если она действительно находится в подобласти W_i – $P(g_i)$, где g_i – величина поисковых усилий, затрачиваемых в подобласти W_i. Полная вероятность успешного поиска определится как

$$P(g) = \sum_{i=1}^{n} (M_i/N) P(g_i),$$

где n – число подобластей поиска, на которое разделена область W.

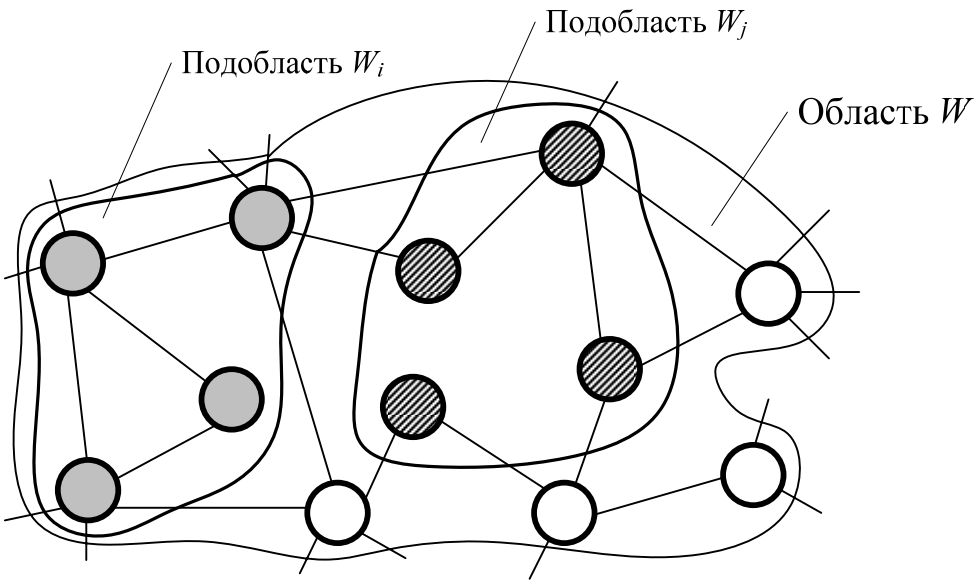


Рис. **Формальное представление дискретного поискового пространства**

Если же распределение усилий в области W проводить неравномерно, перераспределив поисковые усилия между равными по количеству узлов областями W_i и W_j следующим образом: $g_i = (g/n) + \Delta g$ и $g_j = (g/n) - \Delta g$, где g – общие поисковые усилия, то вероятность обнаружения мишени $P(g)$ окажется ниже, чем при равномерном распределении поисковых усилий. Действительно, если принять

$$P(g_i) = 1 - e^{-g_i}, \qquad (1)$$

то удвоение поисковых усилий g_i не приводит к удвоению вероятности $P(g_i)$. Поскольку $P(g_i + \Delta g) - P(g_i) < P(g_i) - P(g_i - \Delta g)$, вероятность обнаружения мишени уменьшается на величину $(M_i/N)[P(g_i + \Delta g) + P(g_i - \Delta g) - 2P(g_i)]$.

Таким образом, в условиях абсолютной неопределенности о координатах мишени оптимальным является распределение имеющихся поисковых усилий по всем N узлам, составляющим область W.

Однако равномерное распределение ограниченных поисковых усилий в общем случае не может обеспечить высокого значения вероятности обнаружения мишени. Поэтому определенный интерес представляет перераспределение усилий между подобластями при наличии некоторой априорной информации о местонахождении объекта поиска.

Распределение поисковых усилий в условиях частичной неопределенности

По-прежнему область поиска W состоит из N узлов. Известно, что мишень находится в этой области. По априорным оценкам вероятность нахождения мишени в узле k определяется как ξ_k, при этом $0 \le \xi_k \le 1$, но условие $\sum_{k=1}^{N} \xi_k = 1$ выполняется не обязательно. Связь между вероятностью обнаружения мишени в k-м узле (если мишень действительно находится в этом узле) и поисковыми усилиями в этом узле g_k задается функцией $P(g_k)$, которая инвариантна при переходе от одного узла к другому.

Суммарные поисковые усилия можно представить в виде $G = \sum_{k=1}^{N} g_k$. Тогда требуется

найти вариант распределения этих усилий по N узлам, обеспечивающий $\max\left[\sum_{k=1}^{N}\xi_k P(g_k)\right]$.

Рассматриваемая постановка задачи соответствует случаю, когда поисковые усилия в различных узлах имеют одинаковые ресурсоемкость и результативность. Если поисковые усилия, затрачиваемые в разных узлах, имеют различия относительно названных свойств, вероятность обнаружения мишени в k-м узле выражается как $P(\beta_k g_k)$.

Воспользовавшись ранее принятым отношением (1) и положив $\beta_k = 1 \ (k = 1...N)$, можно определить вид целевой функции

$$\max \mathrm{P}(G) = \sum_{k=1}^{N}\xi_k\left(1 - e^{-g_k}\right), \tag{2}$$

при $G = \sum_{k=1}^{N} g_k$,

$g_k \geq 0$, $k = 1...N$.

Преобразовав правую часть выражения (2) как

$$\sum_{k=1}^{N}\xi_k\left(1 - e^{-g_k}\right) = \sum_{k=1}^{N}\left(\xi_k - \xi_k e^{-g_k}\right) = \sum_{k=1}^{N}\xi_k - \sum_{k=1}^{N}\xi_k e^{-g_k} = Y - \sum_{k=1}^{N}\xi_k e^{-g_k},$$

получаем возможность трансформировать целевую функцию к виду

$$\min Q(G) = \sum_{k=1}^{N}\xi_k e^{-g_k},$$

при тех же ограничениях.

Решение поставленной задачи может быть найдено в соответствии со следующим алгоритмом.

Шаг 1.

Вычисляются значения $\ln(1/\xi_k)$, в последующем располагаемые в возрастающей последовательности. Здесь же вычисляются частные суммы, $R_n = \sum_{k=1}^{n}\ln(1/\xi_k)$ и строится возрастающая с увеличением n последовательность $Z_n = (R_n/n) - \ln(1/\xi_n)$, $n = 1...N$.

Шаг 2.

а) если выполняется неравенство $Z_1 = 0 \leq G \leq Z_2$, то поиск ведется только в узле, соответствующем первому месту последовательности $\langle\ln(1/\xi_k)\rangle$, вероятность попадания мишени в которую наибольшая. Тогда принимается $g_i = G$ при $i = 1$ и $g_i = 0$ при $i > 1$. Соответственно $\mathrm{P} = g_1\left(1 - e^{-G}\right)$;

б) в случае, когда выполняется неравенство $Z_n \leq G \leq Z_{n+1}$, поиск следует осуществлять в n узлах, которые характеризуются относительно большими значениями вероятностей нахождения в них мишени. Тогда

$$g_i = \left[(R_n + G)/n\right] - \ln(1/\xi_i) \text{ при } i \leq n;\ g_i = 0 \text{ при } i > n.$$

$$\mathrm{P} = \sum_{i=1}^{n}\mathrm{P}_i,\ \mathrm{P}_i = \xi_i - e^{-(R_n+G)/n} \text{ при } i \leq n;$$

в) если же $Z_n < G$, необходим поиск во всех N узлах и

$$g_i = \left[(R_N + G)/N\right] - \ln(1/\xi_i),$$

$$\mathrm{P} = \sum_{i=1}^{N} \mathrm{P}_i \,,\ \mathrm{P}_i = \xi_i - e^{-(R_N+G)/N} \,,\ G = \sum_{i=1}^{N} g_i \,.$$

Возможно, что после исполнения полученного плана реализации поисковых усилий G мишень окажется необнаруженной. Тогда следует затратить дополнительные поисковые усилия $\Delta G = G^* - G$ После этого алгоритм реализуется повторно, при этом в расчетные соотношения вместо G подставляется, G^* и на i-й узел направляются дополнительные поисковые усилия g* - g, $i = 1 \ldots N$.

Выводы

Процессы поиска являются неотъемлемой частью многих видов деятельности человека. В сложных организационно-технических системах, связанных с обработкой информации, эти процессы занимают не последнее место. Помимо поиска угроз безопасности информации в них ведется отыскание отказавших компонентов, информационных объектов по их неполным признакам и т.п. Это требует существенных затрат разнообразных ресурсов. Поэтому организация поисковых операций должна базироваться на научно-обоснованные стратегии.

Представленные в статье подходы к поиску угроз безопасности в информационных системах опираются на методологию обнаружения объектов в дискретных пространствах. Изложенный математический аппарат может найти применение при построении программного обеспечения систем обнаружения атак, предназначенных для использования в сложных территориально-распределенных информационных системах.

Освещенные вопросы не претендуют на полноту решаемой прикладной проблемы, связанной с обеспечением безопасности информационных систем. Отдельного рассмотрения требуют задачи поиска блуждающих объектов (например, сетевых «червей»), поиска в условиях постановки нарушителем информационной безопасности ложных объектов-мишеней (фальшмишеней) и т.д.

Литература

1. Лукацкий А.В. Обнаружение атак. 2-е изд., перераб. и доп. СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 608 с.

2. Исследование операций: в 2 т. / пер. с англ.; под ред. Дж. Моудера, С. Элмаграби. М.: Мир, 1981.

ЭКОНОМИКА, СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ: СОДЕРЖАНИЕ, СТРУКТУРА, МЕТОДИКА ОЦЕНКИ

С.В. Федораев, кандидат экономических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Формулируется авторское определение понятия «инновационный потенциал», раскрывается его структура и содержание. Предлагаются методические подходы к формированию системы частных показателей инновационного потенциала и комплексной оценке его состояния и динамики.

Ключевые слова: инновационный потенциал, структура инновационного потенциала, комплексная оценка инновационного потенциала

INNOVATIVE POTENTIAL: THE MAINTENANCE, STRUCTURE, THE ESTIMATION TECHNIQUE

S.V. Fedoraev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

Author's definition of concept «innovative potential» is formulated, its structure and the maintenance reveals. Methodical approaches to formation of system of private indicators of innovative potential and a complex estimation of its condition and dynamics are offered.

Key words: innovative potential, structure of innovative potential, complex estimation of innovative potential

Современный этап развития мировой экономики характеризуется непрерывно возрастающими темпами научно-технического прогресса и усилением роли знаний как фактора производственной деятельности, и, как показывает многолетний опыт индустриально развитых стран, использование в качестве основного фактора устойчивого экономического роста инновационной активности хозяйствующих субъектов способно обеспечить от 80 до 95 % прироста ВВП [1, с. 15]. Однако современной экономике России в значительной степени присущ экстенсивный характер экономического роста, основанный на добыче природных ресурсов и росте цен на них, в то время как уровень инновационной деятельности, являющейся на сегодняшний день решающим фактором интенсивного роста, в нашей стране чрезвычайно низок. Об этом свидетельствуют данные официальной статистики, согласно которым динамика доли инновационно активных предприятий российской промышленности в их общем числе имеет явную тенденцию к снижению. Так, если в 2000 г. значение этого показателя составило 10,6 %, то к 2007 г. оно снизилось до 9,4 % [2]. Для сравнения: в 1980-е гг. доля инновационно активных предприятий в промышленности СССР составляла 60–70 % [3, с. 121], а в индустриально развитых странах, таких как США, страны Европейского Союза, Япония, этот показатель приближается к 60 % [4].

Безусловно, инновационный потенциал экономики России, оцениваемый как на макроэкономическом уровне, так и на уровне отдельных экономических регионов, отраслей и предприятий в целом существенно снизился. Однако многие его составляющие, в частности научно-технический потенциал, кадровый потенциал, сохранились на достаточно высоком уровне, что, при компенсационном характере использования громадного природно-ресурсного потенциала, может стать основой для инновационного развития экономики России.

Учитывая эти обстоятельства, задача оценки инновационного потенциала на разных уровнях российской экономики, в том числе выработка методических подходов к осуществлению этой оценки, является важным и актуальным направлением научных исследований в области формирования в России инновационной экономики.

Федеральная служба государственной статистики РФ, проводя статистические наблюдения в области научных исследований и инноваций, фиксирует следующие данные [2]:

– число организаций и численность персонала (в том числе по категориям), выполнявших исследования и разработки;

– внутренние затраты на исследования и разработки, в том числе по видам затрат и по видам работ;

– затраты на технологические инновации;

– численность исследователей с учеными степенями;

– число организаций, ведущих подготовку аспирантов (докторантов), и их численность;

– численность принятых и выпущенных (в том числе с защитой диссертации) из аспирантуры (докторантуры);

– число поданных заявок на выдачу и число выданных патентов на изобретения и полезные модели;

– число созданных и число использованных передовых производственных технологий, в том числе по их категориям;

– число организаций, осуществляющих инновационную деятельность, и их удельный вес в общем числе организаций;

– объем инновационных товаров, работ, услуг и их удельный вес в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг.

На наш взгляд, этих показателей недостаточно для характеристики инновационного потенциала вне зависимости от того, о каком именно потенциале идет речь – предприятия, отрасли, региона или экономики в целом. Это следует из содержания самой категории «инновационный потенциал». В толковом словаре русского языка, составленном С.И. Ожеговым и Н.Ю. Шведовой, в общедоступном смысле потенциал трактуется как степень мощности в каком-нибудь отношении, совокупность каких-нибудь средств, возможностей [5]. Тогда, полагая инновационную деятельность решающим фактором экономического роста и включая в нее все виды деятельности, направленные на коммерциализацию результатов научных исследований и разработок, под инновационным потенциалом следует понимать источники, возможности, средства, запасы, которые могут быть использованы для экономического роста экономики на всех ее уровнях на основе научной, технологической, организационной, финансовой и коммерческой деятельности, направленной на трансформацию новых знаний в новый или усовершенствованный продукт или технологию, внедрение этого продукта на рынке или практическую реализации этой технологии.

Исходя из данного определения, инновационный потенциал следует рассматривать как систему потенциалов, включающую:

– научно-технический потенциал, характеризующий уровень и масштабность научных исследований и разработок, создания и использования передовых технологий, в том числе изобретений, товарных знаков, промышленных образцов, ноу-хау, инжиниринговых услуг;

– производственно-технологический потенциал, характеризующий применяемые в производстве продукции технологии, состояние основных производственных фондов, их технологическое обслуживание;

– кадровый потенциал, характеризующий обеспеченность инновационной деятельности квалифицированным персоналом, наличие и содержание системы обучения и повышения квалификации работников промышленных предприятий, системы мотивации научно-технических специалистов;

– информационный потенциал, характеризующий полноту и эффективность нормативной правовой базы инновационной деятельности, уровень развития и степень распро-

странения информационных систем;

– финансовый потенциал, характеризующий внутренние затраты на проведение научных исследований, разработок и внедрение новшеств, расходы на науку и профессиональное образование, уровень инвестиций в промышленные предприятия и обеспеченность их собственными средствами;

– управленческий потенциал, характеризующий систему управления инновационной деятельностью на различных уровнях экономики, в том числе процессы планирования, организации, координации и контроля деятельности субъектов национальной инновационной системы, включая ее инфраструктурные элементы;

– культурный потенциал, характеризующий инновационную культуру предприятия, отрасли, региона или страны, основанную на восприимчивости людей (работников предприятия или отрасли, населения региона, граждан страны) к новшествам, их готовность поддержать реализацию инноваций в различных сферах общественной деятельности;

– потребительский потенциал, характеризующий потребительский спрос на инновации и возможность их дальнейшей диффузии.

Очевидно, что для характеристики структурных элементов инновационного потенциала может быть использовано множество показателей – количественных и качественных, – выходящих за рамки указанного перечня показателей Федеральной службы государственной статистики РФ. Например, потребительский потенциал экономического региона может быть охарактеризован не только объемом инновационных товаров, работ, услуг и их удельным весом в общем объеме отгруженных товаров, работ, услуг, но и показателями, характеризующими уровень конкуренции на рынках инновационной продукции. При характеристике финансового потенциала могут быть использованы не только затраты на научные исследования, разработки и внедрение инноваций, но и затраты на науку и профессиональное образование в целом. Что касается производственно-технологического, информационного и культурного потенциала, то они вообще не рассматриваются Федеральной службой государственной статистики РФ в контексте научных исследований и инноваций.

В конечном счете, окончательный выбор показателей, существенным образом влияющих на общий уровень инновационного потенциала, будет зависеть от выбора исследуемого объекта (национальной экономики, экономического региона, отрасли или отдельного предприятия) и позиции рассмотрения инновационного потенциала с точки зрения направления его использования. Дело в том, что инновации как фактор экономического роста могут придавать этому росту как интенсивный характер, повышая производительность труда, фондоотдачи и материалоотдачи, так и экстенсивный – обеспечивая прирост трудовых ресурсов, производственных фондов и ресурсных затрат. Кроме того, инновации могут рассматриваться как фактор повышения конкурентоспособности экономики и обеспечения экономической безопасности страны. Вместе с тем от степени обоснованности выбора частных показателей инновационного потенциала зависит точность и достоверность его последующей оценки. В этой связи представляется целесообразным проведение в рамках каждого конкретного исследования экспертного опроса с целью отбора показателей, существенным образом характеризующих инновационный потенциал объекта исследования. Рассмотрим методические подходы к проведению такого опроса и оценки его результатов.

Проведение экспертного опроса следует начинать с отбора экспертов – специалистов, имеющих опыт теоретических исследований и практической работы в области управления инновациями.

Понимая под компетентностью эксперта его способность выносить на базе профессиональных знаний, интуиции и опыта достоверные суждения об объекте исследования, в качестве количественной меры компетентности предлагается использовать коэффициент компетентности [6] – относительный показатель, рассчитываемый по формуле

$$K_{комп} = \frac{K_{инф} + K_{арг}}{2},$$

где $K_{инф}$ – коэффициент информированности эксперта по решаемой проблеме, определяемый посредством самооценки по десятибалльной шкале и деления на десять; $K_{арг}$ – коэффициент аргументированности суждений эксперта, определяемый посредством заполнения экспертом эталонной таблицы, суммирования соответствующих баллов и деления этой суммы на десять.

Таблица. **Исходные данные для определения коэффициента аргументации**

Источники аргументации	Степень влияния источника на Ваше мнение		
	высокая	средняя	низкая
Ваши теоретические знания	3	2	1
Ваш практический опыт	5	4	2
Работы отечественных авторов	½	½	½
Работы зарубежных авторов	½	½	½
Ваше личное знакомство с состоянием дел за рубежом	½	½	½
Ваша интуиция	½	½	½

Значение $K_{комп}$ определяет градацию уровней компетентности экспертов: от 0,8 до 1,0 – высокий уровень; от 0,5 до 0,8 – средний уровень; 0 до 0,5 – низкий уровень. Очевидно, что эксперты с низким уровнем компетентности отбору не подлежат.

Процедуру опроса отобранных компетентных экспертов следует проводить в два этапа. На первом этапе каждый эксперт заполняет анкету, в которой содержатся все возможные показатели, в той или иной степени характеризующие инновационный потенциал, и просьба отметить среди них те, которые при оценке инновационного потенциала являются существенными. По результатам опроса формируется обобщенный список существенных показателей.

На втором этапе экспертам предлагается уточнить свое мнение применительно к сузившемуся перечню показателей. После этого для каждого *i*-го показателя рассчитывают его частоту повторения в анкетах экспертов в качестве существенного, используя формулу

$$f_i = \frac{\sum_j a_{ij}}{\sum_i \sum_j a_{ij}} \cdot 100\%,$$

где a_{ij} – условная величина, характеризующая оценку *i*-го показателя *j*-м экспертом ($a_{ij} = 1$, если показатель, по мнению эксперта, является существенным; $a_{ij} = 0$, если показатель является несущественным).

На основе полученных значений f_i формируется искомая система показателей инновационного потенциала. Для этого предлагается использовать критерий, применяемый в рамках метода «АВС – анализ» и согласно которому в качестве существенных следует отобрать показатели с суммарной частотой повторения их в анкетах экспертов в качестве таковых на уровне 75 % [7, с. 16]. При этом отбор необходимо начинать с показателя, имеющего максимальную частоту повторения, и затем последовательно добавлять к нему следующие по величине частоты повторения показатели до тех пор, пока суммарная частота не превысит 75 %.

Отобранные таким образом показатели будут характеризовать отдельные аспекты инновационного потенциала. Чтобы оценить этот потенциал в целом и сравнить по его уровню

однородные объекты (например, предприятия или экономические регионы), необходим комплексный показатель, который можно сформировать на основе частных показателей, имеющих количественный характер. В этом случае изначальный перечень возможных показателей инновационного потенциала должен содержать только количественные показатели. Тогда отобранные из их числа существенные показатели могут быть преобразованы в комплексный показатель инновационного потенциала посредством применения формулы аддитивной свертки

$$X = \sum_i \frac{x_i w_i}{x_{i\ норм}},$$

где x_i – фактическое значение *i*-го частного показателя; $x_{i\ норм}$ – его нормальное значение; w_i – его вес (важность) в общей системе показателей, или мультипликативной свертки

$$X = \prod_i \left(\frac{x_i}{x_{i\ норм}} \right)^{w_i}.$$

Необходимо отметить, что применение этих формул возможно только при одновременном соблюдении следующих условий.

Частные показатели, используемые в этих формулах, должны быть однонаправленными и независимыми. Это означает, что если, например, увеличение одного из показателей повышает комплексную оценку инновационного потенциала, то увеличение каждого из оставшихся показателей также должно ее повышать. В принципе, это ограничение можно обойти, если в формуле свертки для соответствующего показателя поменять местами его фактическое и нормальное значения.

Для обеспечения выполнения условия независимости из перечня показателей следует удалить те, которые могут быть математически выражены через другие показатели. Сделать это необходимо еще до проведения экспертного опроса. Это устранит информационную избыточность частных показателей и повысит адекватность сформированной в результате опроса системы показателей объекту и предмету исследования.

Значения w_i должны удовлетворять условиям:

$$0 < w_i < 1; \quad \sum_i w_i = 1.$$

Чтобы определить значения w_i и выполнить при этом предъявляемые к ним требования, следует опять прибегнуть к помощи экспертов, используя метод ранжирования показателей [8]. Порядок применения этого метода следующий. Каждому из экспертов вручается анкета, содержащая отобранные существенные показатели инновационного потенциала, с просьбой их ранжировать. Самому важному показателю присваивается ранг 1, менее важному – 2 и т. д. При наличии показателей, имеющих, по мнению эксперта, одинаковую важность, им присваиваются ранги таким образом, чтобы сумма рангов всех показателей оставалась неизменной. Например, вместо присвоения рангов 1 и 2 двум равнозначным показателям, им следует присвоить одинаковый ранг 1,5, а вместо присвоения трем равнозначным показателям рангов 1, 2 и 3 каждому из них следует присвоить ранг 2.

Мнения экспертов в отношении рангов частных показателей имеют дальнейшее практическое применение лишь в том случае, если эти мнения являются согласованными. Чтобы это проверить, необходимо рассчитать коэффициент конкордации [9, с. 326–328]. Выбор

формулы для его расчета зависит от наличия или отсутствия одинаковых рангов хотя бы в одной из экспертных анкет.

При отсутствии одинаковых рангов коэффициент конкордации рассчитывается по формуле

$$W = \frac{12S}{k^2\left(n^3 - n\right)},$$

где $S = \sum_i \left(\sum_j R_{ij} \right)^2 - \frac{\left(\sum_i \sum_j R_{ij} \right)^2}{n}$; R_{ij} – ранг $i-$го инновационного показателя в анкете *i*-го эксперта; $n-$ число инновационных показателей; $k-$ число экспертов.

При наличии одинаковых рангов формула для расчета коэффициента конкордации усложняется:

$$W = \frac{12S}{k^2\left(n^3 - n\right) - k\sum_i T_i}.$$

Параметр T_j характеризует наличие в анкете *j*-го эксперта одинаковых рангов и рассчитывается по формуле

$$T_j = \frac{\sum_{r=1}^{m_j} \left(t_{rj}^3 - t_{rj} \right)}{12},$$

где $m_j -$ число групп одинаковых рангов в анкете *j*-го эксперта; $t_{rj} -$ число рангов в *r*-й группе одинаковых рангов в анкете *j*-го эксперта.

Коэффициент конкордации может принимать значения от 0 до 1 и чем ближе его величина к 1, тем согласованней мнения экспертов. Согласованность мнений признается высокой, если выполняется условие $W > 0{,}8$ [10].

Ориентироваться на высокое значение коэффициента конкордации можно лишь в том случае, если оно является достоверным, а это зависит от того, сколько экспертов высказали согласованные мнения. Для оценки достоверности применяют критерий Пирсона, сравнивая значения χ^2 - распределения случайных величин – расчетное и табличное [9, с. 328].

При отсутствии одинаковых рангов в анкетах расчетное значение χ^2 определяют по формуле

$$\chi^2_{расч} = \frac{12S}{k\left(n^2 - n\right)},$$

а при их наличии – по формуле

$$\chi^2_{расч} = \frac{12S}{k\left(n^2 - n\right) - \frac{\sum_j T_j}{n-1}}.$$

Табличное значение χ^2 определяется из специальной таблицы распределения Пир-

сона в зависимости от требуемого уровня достоверности и заданного числа инновационных показателей:

$$\chi^2_{табл} = \chi^2_{табл}(\alpha,\ n-1),$$

где $\alpha -$ уровень достоверности, однозначно соответствующий доверительной вероятности P, с которой гарантируется вывод о высокой согласованности мнений экспертов $(\alpha = 1 - P)$.

При обработке экономических данных минимально допустимым значением доверительной вероятности, как правило, является величина 0,9 [11]. Если при таком уровне достоверности выполняется условие $\chi^2_{расч} > \chi^2_{\text{табл}}$, то результаты ранжирования показателей инновационного потенциала могут быть использованы для определения их важности в контексте формирования комплексного показателя. При этом вес *i*-го инновационного показателя определяется по формуле

$$w_i = \frac{\sum_j R_{ij}}{\sum_i \sum_j R_{ij}}.$$

Задачу комплексной оценки инновационного потенциала можно решить иначе, если использовать для расчета комплексного показателя метод расстояний [12, с. 150] и дополнить соответствующую ему формулу весовыми коэффициентами w_i:

$$X = \sqrt[n]{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{w_i (x_{i\ этал} - x_i)}{x_{i\ этал}} \right)^2},$$

где $x_{i\ этал} -$ эталонное значение *i*-го частного показателя.

В основе данного метода лежит использование евклидова расстояния в качестве меры близости исследуемого объекта к объекту-эталону. Это наиболее адекватный метод комплексной оценки. К тому же он позволяет не соблюдать условие одинаковой направленности частных показателей. Однако выбор объекта-эталона, когда предметом исследования является инновационный потенциал, – достаточно сложная задача. Как правило, у показателей, количественно характеризующих инновационный потенциал, не существует конкретных нормальных или эталонных значений. Например, если речь идет о доли продукции, произведенной в регионе с использованием инноваций, в ее общем объеме, то, в принципе, чем выше эта доля, тем лучше. Поэтому для определения значений $x_{i\ этал}$ следует использовать условный объект, инновационный потенциал которого характеризуется наилучшими (минимальными или максимальными) значениями частных показателей на имеющемся множестве величин.

Достоинством применения формул аддитивной и мультипликативной сверток по сравнению с формулой евклидова расстояния является возможность оценки динамики комплексного показателя на основе индексного метода, результаты которого легко интерпретируются.

Если комплексный показатель инновационного потенциала сформирован на основе аддитивной свертки, то индекс его динамики является средневзвешенной величиной индексов динамики частных показателей:

$$I_X = \frac{X_1}{X_0} = \frac{\sum_i \frac{x_{i1} w_i}{x_{i\ норм}}}{\sum_i \frac{x_{i0} w_i}{x_{i\ норм}}} = \frac{\sum_i I_{x_i} \frac{x_{i0} w_i}{x_{i\ норм}}}{\sum_i \frac{x_{i0} w_i}{x_{i\ норм}}},$$

где I_X – индекс динамики комплексного показателя инновационного потенциала; X_1, X_0 – его значения за текущий (отчетный) и предшествующий (базисный) периоды времени соответственно; x_{i1}, x_{i0} – значения *i*-го частного показателя за текущий (отчетный) и предшествующий (базисный) периоды времени соответственно; $I_{x_i} = \frac{x_{i1}}{x_{i0}}$ – индекс динамики i-го частного показателя.

Если в основу комплексной оценки положена формула мультипликативной свертки, то имеет место иная взаимосвязь между индексами:

$$I_X = \frac{X_1}{X_0} = \frac{\prod_i \left(\frac{x_{i1}}{x_{i\ норм}} \right)^{w_i}}{\prod_i \left(\frac{x_{i0}}{x_{i\ норм}} \right)^{w_i}} = \prod_i I_{x_i}{}^{w_i}.$$

И в том, и в другом случае комплексная оценка динамики инновационного потенциала проводится на основе результатов оценки динамики каждого частного показателя с учетом его важности в общей системе показателей.

Рассмотренные в настоящей статье методические подходы к раскрытию содержания и структуры инновационного потенциала, комплексной оценке его состояния и динамики могут стать основой для проведения сравнительного статистического анализа инновационного развития предприятий, отраслей экономики и экономических регионов и формулировки предложений об увеличении их инновационного потенциала при одновременном снижении его дифференциации.

Литература

1. Социально-экономическая эффективность: Опыт США. Система саморазвития. М.: Наука, 2005. 358 с.

2. Центральная база статистических данных // Федеральная служба государственной статистики. 2008. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/dbscripts/Cbsd/DBInet.cgi (дата обращения: 19.01.2009).

3. Шиманская А. В. Инновационное развитие России как элемент экономической безопасности // Проблемы обеспечения экономической безопасности России и пути их решения: межвуз. сб. науч. трудов по материалам круглого стола, Москва, 22 мая 2006 г. / под ред. Г.М. Казиахмедова. М.: Московский ун-т МВД России, 2007. С. 118–124.

4. Путин требует прорыва [Электронный ресурс] // Состав.ру. URL: http://www.sostav.ru/news/2006/06/21/80/ (дата обращения: 21.06.2006).

5. Словарь Ожегова: толковый словарь русского языка (онлайн-версия) [Электронный ресурс]. URL: http://www.ozhegov.org/ (дата обращения: 06.10.2009).

6. Экспертные оценки в управлении: в 5 ч. М., 1977. Ч. 3: Подбор экспертов. 19 с.

7. Фольмут Х.Й. Инструменты контроллинга от А до Я: пер. с нем. / под ред. и с предисл. М.Л. Лукашевича, Е.Н. Тихоненковой. М.: Финансы и статистика, 2001. 285 с.

8. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1980. 263 с.

9. Теория статистики: учебник / под ред. проф. Р.А. Шмойловой. 3-е изд., перераб. М.: Финансы и статистика, 2001. 560 с.

10. Экспертные оценки в управлении: в 5 ч. М., 1977. Ч. 5: Обработка экспертных оценок. 43 с.

11. Орлов А. И. Математика случая: учеб. пособ. [Электронный ресурс]. URL: http://www.aup.ru/books/m155/ (дата обращения: 04.10.2009).

12. Баканов М. И., Шеремет А. Д. Теория экономического анализа: учебник. 4-е изд., доп. и перераб. М: Финансы и статистика, 2001. 416 с.

ИНТЕРНАЦИОНАЛИЗАЦИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ: ГЛОБАЛЬНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ И НИВЕЛИРОВАНИЕ РИСКОВ

А.Г. Пригульный, кандидат экономических наук.
Санкт-Петербургская академия управления и экономики

Раскрываются особенности перехода от государственного к глобальному регулированию инновационных процессов, преимущества и риски этих процессов для мировой экономики.

Ключевые слова: глобальное регулирование, интернационализация инновационных процессов, поддержка динамического равновесия, модель экономического развития

INTERNATIONALIZATION OF INNOVATIVE PROCESSES: GLOBAL REGULATION AND LEVELLING OF RISKS

A.G. Prigulnyj. The Saint-Petersburg academy of management and economy

Features of transition from state to global regulation of innovative processes, advantages and risks of these processes for economic reveal.

Key words: global regulation, internationalisation of innovative processes, support of dynamic balance, model of economic development

Разнообразие форм взаимодействия субъектов мировой экономики открывает возможности свободного перелива ресурсов, вызывает глубинные изменения в основах жизнедеятельности государств и народов. Проблемы распределения и использования ресурсов постепенно становятся предметом глобальной экономической политики, баланс между экономической эффективностью и социальной справедливостью все чаще устанавливается в процессе глобального международного регулирования с делегированием нарастающего объема полномочий от государства наднациональным политическим и экономическим организациям. Формирование новой структуры мировых взаимодействий перестает быть результатом только межгосударственных договоренностей, а сами межгосударственные отношения и институты уступают место новым субъектам глобальной системы экономических отношений [1].

Организации глобального регулирования вырабатывают правила, процедуры и методы взаимодействия основных субъектов международных экономических отношений. Их усилия направлены на создание универсальных норм, мониторинг их соблюдения, обеспечение прозрачности поведения участников в сфере согласования макроэкономической полити-

ки, контроля над макроэкономическими показателями, уровнем конкурентоспособности стран, определяющих состояние основных мировых рынков с целью нивелирования соответствующих рисков. В сферу таких организаций входит выработка стратегии и конкретных действий по отношению к третьим странам в случае интеграции, регулирование деятельности на мировых рынках, предоставление гарантий инвестиций, защиты окружающей среды, ресурсосбережения, развития экологически чистых производств и т. д.

Под воздействием сил глобального регулирования происходит изменение отдельных функций государственного регулирования. В настоящее время поддержание динамики равновесия спроса (потребления) и предложения (производства), регулирование циклов развития мировой экономики осуществляется преимущественно международными организациями. Это особенно стало заметным в условиях финансово-экономического кризиса 2007–2010 гг., так как по мере либерализации экономических границ между внешними и внутренними рынками все сложнее поддерживать внутреннее динамическое равновесие.

Объективная необходимость поддержки динамического равновесия на уровне мировой экономики привела к тому, что объектами глобального регулирования стали практически все рынки, а предметами – отдельные виды деятельности по разработке и реализации стандартов финансовой деятельности, платежных систем, налогообложения, страхования, инвестирования, новых видов техники, технологии и т. д.

Среди наиболее активных субъектов глобального регулирования важнейшую роль играет узкий круг экономических и финансовых организаций, представленных примерно шестьюдесятью финансово-промышленными группами, включающими около 500 транснациональных корпораций (ТНК). Они составляют ядро глобальной системы, обладающее почти неограниченной экономической властью. При этом в каждой из развитых стран господствующее положение занимают несколько финансово-промышленных групп, конкурирующих на всех мировых рынках между собой и с иностранными корпорациями. Пять крупнейших транснациональных компаний контролируют более половины мирового производства товаров длительного пользования (авиационной и автомобильной техники, электронного оборудования). Особенно сильна концентрация капитала в информационных технологиях. Две-три компании держат в своих руках почти всю сеть телекоммуникаций [2].

Экономическая мощь ТНК сравнима с валовым национальным продуктом средних государств. О централизации капиталов свидетельствуют данные ООН: развивающимся государствам, в которых проживает почти 80 % мирового населения, принадлежит 22 % глобального богатства. Причем процесс поляризации далеко не завершен. Часть доходов, приходящихся на бедные страны, продолжает сокращаться. В начале 1990-х гг. на 85 % мирового населения приходилось всего 15 % совокупного мирового дохода. Тридцать лет назад на 20 % самых бедных стран приходилось 2,3 % глобального богатства, а в настоящее время лишь 1,4 % [3].

Эти обстоятельства вызвали тенденции, которые изменили основы мирового хозяйства. К числу важнейших экономических процессов, набирающих силу, относится поиск глобальных решений, компенсирующих риски решения проблем при помощи либеральных, сугубо рыночных методов . Во-первых, рыночные механизмы сами по себе не могут справиться с рисками возникновения глобальных проблем (дефицитом электрической и тепловой энергии, ухудшающейся экологической ситуации, бедностью и неравномерным распределением материальных благ, растущим значением фундаментальных научных знаний и т. п.). Во-вторых, мировое развитие переживает уникальный момент, когда появились новые технологии, идеологемы, общественные институты, существующие пока обособленно, но имеющие перспективу нового качества мирового сообщества [4].

С одной стороны, при таких условиях рыночные механизмы стали глобальными, но, с другой стороны, рынок обнаружил неспособность обеспечивать оптимальное распределение и использование ресурсов на длительную перспективу. Это говорит о том, что возникли предпосылки для новой модели экономического развития, в основу которой должны быть

положены знания и качество человеческого капитала. Эта модель характеризуется следующими основными чертами:

– формированием единого мирового научно-технического пространства и рынка высокотехнологичных товаров и услуг;

– закреплением за отдельными странами в рамках рынка высокотехнологичной продукции той или иной специализации, которая отражает преимущественное развитие критических технологий в данной стране;

– формированием в рамках глобализации механизмов получения технологической ренты, реализующей специализацию отдельных стран;

– формированием национальных инновационных систем, интегрированных на интернациональном уровне. Появление таких систем, охватывающих весь комплекс институтов и обеспечивающих воспроизводство инноваций, развитие и распространение новых технологий, стало важнейшим элементом закрепления специализации отдельных стран на мировых рынках высокотехнологичной продукции и поддержания технологической сопряженности отраслей национальной экономики.

Одна из ключевых характеристик экономической модели состоит в том, что она ведет к нарастанию и закреплению качественного разрыва между странами-лидерами и периферией, где сейчас оказалась российская экономика.

В 70–80-е гг. прошлого столетия критически значимыми для индустриального развития западных стран были поставки традиционных массовых ресурсов – топлива и металлов, – а также приток рабочей силы низкой квалификации. В настоящее время линии такой зависимости все более определяются технологической специализацией лидирующих стран. По отношению к лидерам другие страны превращаются в источник массовой потребительской продукции (текстиля, бытовой электроники и др.). Одновременно на периферию, как и прежде, переводится выпуск ряда видов продукции производственного назначения (прежде всего металлургической и химической), для которой характерны высокая экологическая нагрузка и относительно низкие квалификационные требования к рабочей силе.

Складывается внешне парадоксальная ситуация. С одной стороны, активно развивается глобальный рынок товаров, капитала и рабочей силы, что является одной из основ новой и глобальной экономики. Налицо интернационализация производства, снижение административных барьеров передачи технологий, все более свободный перелив капитала между наиболее развитыми государствами и остальным миром. Состав экспортеров высокотехнологичной продукции постепенно размывается: доля лидеров современного мира (США, страны ЕС, Япония) снизилась с 90 % в 1980 г. до 80 % в 2000 г. [1].

С другой стороны, нарастает технологический разрыв между узкой группой стран-лидеров и другими странами. Закрепляясь в социальных, организационных и производственно-технологических структурах, данный разрыв становится «технологическим барьером развития». Характерно, что в странах, не входящих в группу лидеров, отрыв импорта высокотехнологичной продукции от ее экспорта не сокращается.

Трудности преодоления технологических барьеров развития определяются главным образом следующими обстоятельствами.

Во-первых, как правило, недостаточным уровнем развития человеческого капитала, что связано с качеством образования и других институтов социальной инфраструктуры, а также всей системы механизмов, определяющих статус образования и потребность в нем общества. Типичной является «ловушка бедности», когда недостаток образования связан с низкими доходами, рост которых блокируется низкой квалификацией рабочей силы.

В современной экономике функции накопления человеческого капитала – это не только поддержка качества рабочей силы, но и обеспечение распространения технологий (мобильность рабочей силы) и закрепления специализации страны на рынке наукоемкой продукции.

Во-вторых, неразвитостью сферы научных исследований и опытно-конструкторских разработок, не позволяющей поддерживать научно-технические и технологические заделы,

обеспечивать весь цикл инновационного процесса на приоритетных направлениях и удерживать конкурентные позиции на мировом рынке высокотехнологичной продукции. Именно из-за недостатка научно-технической базы ряд стран потерпел неудачу в развертывании полномасштабных программ производства современных вооружений.

В-третьих, отсутствием или неразвитостью инфраструктуры и механизмов распространения (передачи) передовых технологий между секторами экономики. Современное развитие в условиях глобализации резко снижает эффективность развития высокотехнологичных укладов. Это характерно для ситуации, когда эффект достигался за счет всех видов качественных ресурсов на узком фронте прорыва в высокоприоритетных направлениях. Отсутствие диффузии технологий ведет к тому, что высокотехнологичные производства, скорее всего, в итоге будут поглощены ТНК без позитивного эффекта для национальных экономик.

В-четвертых, современные механизмы защиты интеллектуальной собственности и ряд специальных ограничений повышают стоимость формирования сферы новых технологий путем заимствований – приобретения пакетов технологий, ноу-хау, программных средств и т. п. Стоимость программного обеспечения, устанавливаемого на современные компьютеры, сопоставима с ценой аппаратного комплекса, а в ряде случаев превосходит его. При этом подавляющая часть рынка технологий по числу выданных патентов, доле стран в мировой торговле технологиями и другим показателям приходится на несколько наиболее развитых стран – США, Японию, Германию, Великобританию.

В-пятых, недостаточно развитой институциональной структурой и низким качеством организации и управления. Институциональная среда (нормы, правила, формы организации и др.) определяет не только инвестиционную и инновационную привлекательность управления, но и возможность применения современных технологий управления. Последние становятся аналогом традиционных «производственных» технологий индустриальной эпохи, определяя в конечном счете общий уровень развития экономики.

Выстраивание технологических барьеров ведет к тому, что современное мировое хозяйство приобретает пятиуровневую структуру: 1-й уровень – генерирующий поток инноваций и новых образцов; 2-й – быстро обновляемое индивидуализированное производство; 3-й – массовое крупносерийное производство; 4-й – выпуск базовых ресурсов для крупносерийного производства; 5-й – традиционные медленно обновляемые сферы. В зависимости от того, на каком уровне закрепляется данная страна в глобальной экономике, она становится получателем или плательщиком дополнительной добавленной стоимости.

Для России центральная проблема, связанная с формированием новой мировой экономики и новой модели роста, состоит в том, что наша страна стратегически не вписывается ни в один из этих структурных уровней – ни в число мировых лидеров, ни в группу производителей массовой индустриальной продукции, ни даже в группу поставщиков сырьевых ресурсов. В 90-е гг. Россия по экспорту закрепилась преимущественно на 4-м уровне, а по импорту – на 2–3-м уровнях. Это означает, что страна стала донором произведенной добавленной стоимости. По оценкам экспертов, за счет этого фактора экономика страны ежегодно теряет 10–12 млрд дол. Однако из-за недостаточной конкурентоспособности российского экспортного потенциала, компенсируемой сегодня более чем трехкратным разрывом между паритетом покупательной способности рубля и обменным курсом, в долгосрочной перспективе остается под вопросом удержание даже этих позиций.

По отношению к наиболее развитым странам отставание России имеет не количественный, а качественный характер. Если по объему валового внутреннего продукта (ВВП), измеренному по паритету покупательной способности, Россия соответствует таким странам, как Франция и Канада, то обобщенная производительность труда (ВВП по паритету покупательной способности на одного занятого в экономике) отстает от ведущих стран в 3–4 раза. Показатели же развития телекоммуникаций, обеспеченности компьютерами и т. п. различаются многократно.

По сравнению со странами, наполняющими мировой рынок массовой промышленной продукцией (Китай, страны Юго-Восточной Азии и др.), в России высок уровень оплаты

труда, энергетических и транспортных затрат. Специализация на производстве энергетических и сырьевых ресурсов для нашей страны в долгосрочной перспективе затруднена в силу высокой стоимости их добычи и транспортировки. Даже чтобы удержаться в числе сырьевых экспортеров, для нашей страны необходима переориентация значительной части научно-технологического потенциала на исследования, направленные на повышение экономической эффективности производства и транспортировки энергоресурсов.

Для решения этой задачи необходимо: во-первых, быстрое углубление международного разделения труда в виде внутриотраслевой специализации и кооперации на основе распространения транснациональных корпораций; во-вторых, масштабное участие России в организациях глобального регулирования.

В настоящее время ТНК контролируют, по разным оценкам, от трети до половины мирового промышленного производства. Развитие торговли на основе внутриотраслевой специализации привело к тому, что под их контролем находится свыше 60 % всей мировой торговли. Для сравнения: в 1977 г. доля внутрикорпорационных поставок американских ТНК в объеме экспорта их зарубежных филиалов составляла 37 %. ТНК концентрируют основные потоки научно-технических знаний: в их руках сосредоточено примерно 4/5 патентов и лицензий на новую технику, технологии и ноу-хау. Большая часть платежей, связанных с трансфертом новых технологий, осуществляется внутри ТНК (в США и Великобритании – 80 и 90 % соответственно).

Возникла также обширная область международной собственности, на воспроизводство которой затрачивается до 8–9 % мирового ВВП. В еще большей степени монополизированы отдельные товарные рынки. На протяжении всего времени существования транснациональных или многонациональных компаний их постоянно обвиняли в недостаточном учете национально-государственных интересов и подозревали в прямых угрозах экономической безопасности национального развития. Поначалу почти повсюду правительства смотрели на ТНК двояко: с одной стороны, как на опасных хищников, с другой стороны, как на источники инвестиций, новых знаний и создания рабочих мест.

В 90-е гг. процесс диверсификации и создание на этой основе диверсифицированных холдингов как основной формы организации деятельности ТНК стал уступать место новым явлениям. Их содержание составляет освобождение от непрофильных производств и концентрация усилий на перспективных видах деятельности. Постепенно межграничные препятствия ослабли или исчезли, тенденция к обеспечению конкурентоспособности и экономии затрат за счет организации крупномасштабного производства стала уступать место другим методам организации производства. Изготовление продукции небольшими сериями под индивидуальные запросы и к определенному времени сместило акцент с объема производства на его своевременность, а компьютеризация производства позволила предприятиям производить товары для индивидуальных заказчиков по ценам товаров массового производства.

Пришлось быстро изменять и адаптировать структуры управления и поведение на открывшемся экономическом пространстве. Однако ТНК не только не сошли с дистанции, но более того – стали лидерами гонки. К середине 90-х годов выяснилось, что действовать эффективно и выигрывать во всеобщем состязании означает становиться и быть международной компанией. Центры компаний стали превращаться в места переработки основной информации, принятия стратегических решений, развития и накопления управленческих и научно-технических знаний.

ТНК разбились по форме организации и управления на два типа – обладающие простой или сложной интегрированной структурой. При простой интеграции компании отдают рутинное или устаревающее производство, по сути, в аренду странам развивающегося мира, сохраняя при этом за собой самые квалифицированные операции. При сложной интеграции все производства размещаются сообразно меняющейся логике рынка и принятие решений распыляется по всей организации. Отличительный признак последней организации – нескончаемый поток информации во всех направлениях вместо командной и контрольной системы. В результате возникла новая модель ТНК с сетевой структурой, широким рассредоточением

производства и принятия решений.

Эти обстоятельства служат свидетельством стремления корпораций не разбавлять собственную культурную, интеллектуальную и управленческую среду. Максимально снизить риски глобальной деятельности, защитить стратегические интересы элиты, но не раствориться – вот истинная задача перерастания многонациональных компаний в транснациональные.

Под растущим давлением ТНК произошли принципиальные изменения в положении национальных государств, роль которых в регулировании международных процессов постепенно уравнивается с ролью ТНК либо ограничивается политической и социокультурной сферой. Другая тенденция состоит в нейтрализации международных позиций государства и передаче значительной части функций экономического и международного регулирования региональным надгосударственным объединениям. Возникает новый надгосударственный и трансграничный инструментарий экономического и правового регулирования, которым постепенно овладевает группа ведущих ТНК.

Организации глобального регулирования начали создаваться по инициативе различных стран в противовес развитию ТНК и их стремлению к монопольной власти, с целью преодоления препятствий перемещения ресурсов, создания режимов, благоприятных для участников внешней торговли и формирования общего экономического пространства. Вместе с тем универсализация режимов торговли и перемещения капиталов отнюдь не привели к созданию единого экономического пространства, однородной хозяйственной среды. Мировая экономика в настоящее время представляет собой многополюсную структуру, основанную на динамичном взаимодействии государственных социально-экономических образований, развитие которых протекает неравномерно. Взаимосвязи и взаимозависимости между частями этой структуры асимметричны, разные группы стран втянуты в мировые интеграционные процессы в неодинаковой степени и далеко не на равных условиях.

Наиболее интенсивно хозяйственное взаимодействие происходит внутри региональных и субрегиональных экономических союзов и группировок – ЕС, НАФТА, АСЕАН, МЕРКОСУР и др. Тенденция к экономическому объединению на региональной основе обусловлена тем, что для функционирования современного, сложного и многономенклатурного национального производства недостаточно внутреннего рынка – даже в относительно крупных странах. В этой связи создание более обширного единого экономического пространства выступает условием успешного национального развития и повышения конкурентоспособности в глобальном масштабе [5].

Периодические кризисы на международных финансовых и фондовых рынках, спады промышленного производства, ценовые войны ясно дают понять, что рыночные механизмы переносят все свои недостатки и на мировое экономическое пространство. Совершенная конкуренция преобразуется в более жесткую конкуренцию корпораций и государств за рынки, условия их регулирования, за доступ к ресурсам, монопольное право получать разнообразную по источникам происхождения ренту.

Таким образом, тенденции к интернационализации социальных, экономических и инновационных процессов вызвали к жизни новые формы глобального регулирования, которые пришли на смену формам и методам национального и государственного управления в экономике. Получили развитие транснациональные и межгосударственные формы и методы регулирования процессов формирования и распределения всех видов ресурсов и нивелирования рисков мировой экономики.

Литература

1. Сильвестров С.Н. Глобализация: политико-экономические вызовы для России // Россия в глобализирующемся мире: Политико-экономические очерки / Д.С. Львов и [др.]. М.: Наука, 2004. С. 13–32.

2. Dawson M., Foster B. Virtual Capitalism: the Political Economy of the Information Highway // Monthly Review. 2006. Vol. 48. №3. P. 40–58.

3. Keegan V. Highway Robbery by the Super-Rich // The Gardian. 2006. 22 July. P. 23.
4. Туроу Л. К Будущее капитализма: Как сегодняшние экономические силы формируют завтрашний мир. Новосибирск: Сибирский хронограф, 2009. 430 с.
5. Путь в XXI век. Стратегические проблемы и перспективы российской экономики: монография / под ред. Д. Львова. М.: Экономика, 1999. С. 182–185.

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКИМИ РИСКАМИ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ: КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ И СТРАТЕГИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

С.А. Полынцов;
Г.Л. Багиев, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ.
Санкт-Петербургский государственный университет экономики и финансов

Рассматриваются концептуальные подходы по управлению предпринимательскими рисками, а также основные механизмы, обеспечивающие устойчивость субъектов хозяйствования в современных условиях; анализируются статические и динамические модели управления экономическими рисками; обосновывается классификация факторов экономической устойчивости предприятий; определяются стратегические задачи управления предпринимательскими рисками в условиях нестабильности внешней среды.

Ключевые слова: стратегия управления риском, тактика управления риском, статическая модель управления рисками, динамическая модель управления рисками, стратегические цели и задачи риск-менеджмента организации; классический, инновационный подходы в управлении рисками, рыночная стоимость компании

MANAGING RISK IN THE BUSINESS OF CURRENT CONDITIONS: CONCEPTUAL APPROACHES AND STRATEGIC OBJECTIVES

S.A. Polyntsev;
G.L. Bagiev. Saint-Petersburg state university of economics and finance

Conceptual approaches to the management of business risks, as well as the basic mechanisms that ensure the sustainability of economic entities (reproduction, adaptation, motivation, protection) in a contemporary environment; analysis of static and dynamic models of management of economic risk; justify the classification of the economic factors of sustainability of enterprises, determined by strategic objectives managing business risks in an unstable environment.

Key words: the risk management strategy, and tactics for risk management, static model of risk management, dynamic model of risk management, strategic goals and objectives of risk management organization; conformist and innovative approaches to risk management, the market value of the company

Устойчивое и эффективное развитие предпринимательских структур определяется совокупностью условий и факторов, которые воздействуют на ее функционирование и требуют принятия управленческих решений, направленных на их устранение, минимизацию либо на приспособление к ним. Необходимо отметить, что негативное состояние большинства российских предпринимательских структур обусловлено воздействием факторов внешней среды.

Изменения во внешней среде, в условиях функционирования рынка, весьма значительны, поэтому менеджменту организации необходимо учитывать их влияние, поскольку фирма как открытая система зависит от степени их воздействия. Вполне очевидно, что выживание организации, дальнейшее ее развитие целиком и полностью зависят от состояния ее риск-менеджмента.

Одна из основных функций риск-менеджмента организации состоит в своевременном прогнозировании и преодолении рисков, обусловленных негативным воздействием внешней среды. Необходимо отметить, что чем больше неопределенность внешней среды, тем больше хозяйственный риск и тем труднее принимать эффективные управленческие решения, связанные с его оптимизацией.

По сути, риск является неотъемлемым атрибутом рыночной системы хозяйствования. Поэтому каждое предприятие в этих условиях стремится добиться увеличения прибыли посредством принятия оптимальных решений по управлению предпринимательскими рисками.

Заметим, что хозяйственный риск присутствовал и в плановой экономике, но он был связан с невыполнением государственного заказа, нарушением договоров поставки, необеспеченностью транспортом, ресурсами и т.д. Ответственность за все это можно было переложить на вышестоящую организацию, а потери компенсировать из централизованных фондов. В рыночной экономике государство не несет ответственности по обязательствам предприятий. В данном случае последствия риска целиком и полностью ложатся на предпринимательские структуры, которые в определенных случаях могут стать для них просто непреодолимыми.

Риск, как известно, – это вероятность возникновения убытков или снижения доходов по сравнению с прогнозируемым вариантом. Понятно, что предпринимательская деятельность невозможна без риска. Усиление риска – это оборотная сторона свободы действия предпринимательства, своеобразная за нее плата. По мере развития рыночных отношений в России усиливается конкуренция. Чтобы выжить в сложившихся условиях и удержать свои рыночные позиции нужно решаться на внедрение технических и других новшеств и на нестандартные действия, а это, как показывает хозяйственная практика, только усиливает риск. Приходится смириться с неизбежностью хозяйственного риска, научиться прогнозировать его, оценивать и не переходить за допустимые, то есть приемлемые пределы.

Учитывая содержательную сторону данной публикации, необходимо рассмотреть основные концептуальные подходы, связанные с обеспечением экономической устойчивости предприятия в условиях хозяйственного риска.

Анализ современной научной литературы позволяет выяснить, существует ли категория «экономическая устойчивость организации» или за ней стоит аналог «экономической безопасности предприятия», через соотношение устойчивости и надежности, стабильности, безопасности, выживаемости, конкурентоспособности и т. п.

Рассматривая подходы к определению устойчивости в экономической литературе, следует отметить, что большинство авторов, формально разделяя анализируемые выше понятия, по сути, используют их синонимично либо смешивая с «близкими» терминами, описывающими первичные свойства систем. Например, С.П. Бараненко и В.В. Шеметов считают, что устойчивость применительно к экономическим системам «в самом общем смысле можно понимать как способность..... к продолжительному осуществлению своей деятельности... на рынке» [1].

Очевидно, что в основе подобного определения лежит живучесть системы, на что косвенно указывают и сами авторы, ссылаясь на признанных авторитетов в области экономической безопасности (И.Я. Богданова, А.И. Илларионова, С.А. Афонцева, И.Н. Петренко и др.) и соглашаясь с точкой зрения последних, в которой устойчивость представляется как отражение прочности и надежности экономической системы. В результате устойчивость оказывается практически аналогом безопасности и конкурентоспособности предприятия.

С данной позиции проанализируем безопасность хозяйствующего субъекта в процессе его функционирования. Отметим, что деятельность по обеспечению безопасности любого хозяйствующего субъекта возникает в ходе разрешения противоречия между такой объективной реальностью, как опасность и потребностью предотвратить ее, локализовать, устранить последствия опасности. Опасность как таковая является объектом деятельности, а ее предметом – конкретные угрозы (военные, политические, экономические и пр.), а также их материальные носители (субъекты и явления).

Обеспечение безопасности представляет собой важнейшую задачу управления про-

цессом жизнедеятельности субъекта. В процессе управления объективно формируются основные функции субъекта – задачи, которые ему приходится реализовывать для сохранения существования.

Так, в научной литературе [2] множество функций любого хозяйствующего субъекта можно объединить в четыре группы:

– воспроизводства существования;

– мотивации деятельности;

– адаптации к окружающей среде;

– защиты жизнедеятельности.

Реализация данных функций осуществляется посредством выполнения связующих процессов жизнедеятельности. В теории управления к ним относят процессы принятия решений и коммуникаций.

Для реализации функций осуществления связующих процессов субъекты должны применять совокупность определенных научных знаний, отработанных практических решений и процессов, предназначенных для многовариантной реализации в различных областях человеческой деятельности [3], то есть то, что определяется термином «технологии».

В процессе жизнедеятельности все функции и связующие процессы реализуются через использование технологий, соответствующих уровню развития общества. Совокупность функций, связующих процессов и технологий можно представить как важнейшие компоненты модели жизнедеятельности субъекта.

Необходимо отметить, что реализация субъектом функций жизнедеятельности осуществляется таким образом, что формируются определенные механизмы.

В качестве основных механизмов функционирования, используемых субъектами в процессе жизнедеятельности, можно выделить воспроизводственный, мотивационный, адаптационный и защитный. Реализация каждого из указанных механизмов происходит посредством формирования и развития у субъекта системы видов деятельности и определяемых ими процессов. Разделение хозяйственных процессов по четырем группам, представленное в табл. 1, не носит характера жесткой привязки к выделенным механизмам. Например, деятельность по обеспечению защитных функций субъектом осуществляется на базе адаптационных, и данные процессы очень трудно отделить друг от друга [2].

Таблица 1. **Основные механизмы обеспечения жизнедеятельности субъектов хозяйствования [5]**

Воспроизводственные	**Адаптационные**
• организация • обмен • саморегуляция • инвестирование • накопление • производство	• трансформация • реструктуризация • конкуренция • специализация • разделение труда • обучение
Мотивационные	**Защитные**
• целеполагание • стимулирование • принуждение • контроль • ценообразование • распределение	• планирование • прогнозирование • моделирование • партнерство • кооперация • патернализм • страхование • резервирование • избегание (изоляция)

Так, в работе [4] прогресс рассматривается как относительное качество отдельного процесса. Это историческая возможность, открытый выбор и, непременно, результат человеческих действий, индивидуальных или коллективных.

Будущее культуры формируется из наследия прошлого благодаря текущим инновациям. Деятельность не только способствует структурным и культурным изменениям, но и сама изменяется в ходе этого процесса. Важнейшие черты деятельности – целенаправленность, стремление к продвижению и новациям, сопряженные с возможностью реализации человеческой способности к познанию [5].

Теория морфогенетического конструирования описывает действия прогрессивно ориентированного субъекта с помощью двух основных понятий: свобода и самотрансценденция. Субъект хозяйствования, ориентированный на прогресс, обладает позитивной свободой, позволяющей преобразовывать, влиять, преодолевать негативные последствия.

Одновременно он обладает и негативной свободой, позволяющей сохранить свою независимость от довлеющих обстоятельств, дистанцироваться от нежелательных контактов. Его способность к самотрансцендентности – это возможность выходить за собственные пределы, «переступать черту» (табл. 2) [5].

В научной литературе отмечается, что основным различием активной и пассивной безопасности является цель субъекта. Если субъект стремится к сохранению состояния стабильности, обеспечению равновесия во взаимодействии со средой и внутренней устойчивости, тем самым он обрекает себя на появление угрозы отставания в развитии, опасности застойных явлений.

Данный вариант развития можно было наблюдать во второй половине XX века на примере развития народного хозяйства СССР. Стремление обеспечить защиту от военной угрозы со стороны блока НАТО, обеспечить лишь устойчивость системы, включение в «гонку вооружений» объективно поставило страну в положение догоняющего и, в конечном итоге, к застою [6].

Следует отметить, что в условиях быстроменяющейся среды только усиление потенциала для саморазвития организации через неравновесность взаимодействий со средой и нестабильность может обеспечить реальную возможность развития.

Воздействие среды на субъект приводит к развитию субъекта через изменение потребностей и тем самым к адаптации его процессов жизнедеятельности посредством изменения видов, форм и структуры деятельности и, в первую очередь, технологий.

Таблица 2. **Характеристики активной и пассивной безопасности [5]**

Позитивная свобода	Негативная свобода
Активная безопасность – состояние, обеспечивающее возможность преобразовывать, влиять, преодолевать препятствия (снятие опасностей) в условиях меняющейся среды	*Пассивная безопасность* – состояние, обеспечивающее независимость от довлеющих обстоятельств и возможность дистанцироваться от нежелательных взаимодействий (избегание и уклонение от опасностей)
Цель: наращивание потенциала для саморазвития	*Цель*: сохранение потенциала, обеспечение устойчивости системы (предотвращение уменьшения потенциала)

Появление новых видов деятельности заставляет субъекта менять и адаптировать к ним систему защиты, тем самым формируя активную и пассивную безопасность [5].

Таким образом, ориентированное изменение субъектом среды есть реализация важнейшей защитной функции – формирование окружения на основе прогнозных оценок развития хозяйственных процессов, которые должны учитывать существующие тенденции и представлении о том, какие изменения среды являются желательными и наиболее достижимыми.

Проводимые преобразования российской хозяйственной системы есть не что иное, как вариант целенаправленного изменения на уровне отдельного государства внутренней хозяйственной среды (включающей и экономическую, и политическую), проводившийся исходя из необходимости обеспечения национальной безопасности в целом.

Причем необходимо отметить, что практически все механизмы и обеспечивающие их процессы на уровне и национального хозяйства в целом, и отдельных хозяйствующих субъектов были нарушены или претерпели существенные изменения.

Основной особенностью современных экономических систем является функционирование в динамичной внешней среде под действием большого числа случайных факторов, что обусловливает сложный характер их поведения и управления такими системами. Экономическая устойчивость предприятия – это внутреннее состояние хозяйствующего субъекта, которое складывается под воздействием различного рода факторов. В свою очередь факторы экономической устойчивости субъекта хозяйствования можно классифицировать по различным признакам (табл. 3).

Например, к внутренним дестабилизирующим факторам субъективного характера относятся ошибки и некачественные действия сотрудников данного предприятия, обусловленные отсутствием надлежащего профессионального опыта, финансовыми просчетами, а также низкий уровень организации труда, утечка конфиденциальной информации.

Таблица 3. **Классификация факторов экономической устойчивости предпринимательской структуры**

Классификационый признак	Содержание
По способу влияния	*Стабилизирующие и дестабилизирующие,* то есть или позитивно влияющие на уровень экономической устойчивости предприятия, или негативно
По месту возникновения	*Внутренние и внешние факторы.* Внутренние создаются внутренней средой, и возникают как следствие работы предприятия в целом или его персонала. Внешние инициируются внешней средой функционирования, без участия и помимо воли субъективного личностного фактора
По характеру воздействия	*Прямые и косвенные факторы.* Прямые оказывают непосредственное воздействие на уровень экономической устойчивости предприятия. Косвенные оказывают не прямое воздействие на состояние и уровень устойчивости, а опосредованное, косвенное влияние
По степени обусловленности	*Объективные и субъективные факторы.* Объективные факторы обусловлены объективно развивающимися процессами или обстоятельствами непреодолимой силы (например, стихийными бедствиями). Субъективные факторы создаются сознательно, целенаправленно отдельными группами людей, исходя из их личных и экономических интересов.

Особую значимость в условиях обеспечения экономической устойчивости организации придается внутренним и внешним факторам, которые в свою очередь подразделяются на факторы прямого и косвенного воздействия (табл. 4).

Далее необходимо отметить, что большинство экономических систем являются непрерывно изменяющимися и развивающимися. Следовательно, для хозяйственных систем очень важным является вопрос самосохранения и дальнейшего развития. Цель изучения устойчивости в данном случае – определить, насколько существенно будет изменяться поведение хозяйственной системы в результате воздействия незапланированных внешних или внутренних факторов.

Устойчивость хозяйственного развития организации – это сохранение целостности системы на протяжении многих циклов функционирования, то есть сохранение заданных параметров и совершенствование их с учётом внешних воздействий и внутренних изменений и достижение поставленных целей.

Таблица 4. **Классификация внутренних и внешних факторов экономической устойчивости организации**

Внутренние факторы	Внешние факторы	
	прямого воздействия	косвенного воздействия
– техника; – технология; – организация производства; – персонал предприятия; –интеллектуальный капитал; –инновационный потенциал	– ресурсное обеспечение; – развитие инфраструктуры; – конкуренты; – потребители; – поставщики и партнеры по бизнесу	– политические; –экономические; – правовые; –научно-технические; – международные; – экологические; – социальные; – демографические; – географические

Таким образом, для развивающихся экономических систем характерно сочетание устойчивости функционирования (целостности), а, следовательно, эффективного использования предпринимательского потенциала и устойчивости развития, характеризующей подвижное, динамичное равновесие системы, её способности к адаптации и переходу на качественно новый уровень, что в совокупности характеризует возможности системы к самосохранению.

В настоящее время мы наблюдаем обострение противоречия между ускорением развития внутренней и внешней среды национальных хозяйств, их усложнением и устареванием приспособительных механизмов защиты у субъектов хозяйствования всех уровней. Такое отставание – естественный процесс, и объективным результатом разрешения этого противоречия будет нахождение новых приспособительных механизмов и институтов.

Изменения внешней среды, обусловленные трансформационными процессами хозяйственной системы, инициируя ее нестабильность по отношению к предпринимательским структурам, актуализирует проблему управления хозяйственными рисками.

С данной позиции риск-менеджмент организации должен быть сориентирован на своевременное прогнозирование и преодоление рисков, обусловленных негативным воздействием внешней среды.

Управление рисками есть имманентная составляющаяпредпринимательской деятельности. Именно управление хозяйственными рисками оптимизирует и перестраивает соотношения между необходимым уровнем рентабельности и приемлемым уровнем потерь, между

реакциями на те или иные виды рисков и целями устойчивого развития фирмы.

Необходимо отметить, что до недавнего времени риск рассматривался предпринимателями как негативное понятие – только как опасность, и в отношении восприятия природы самого риска давались только пессимистические прогнозы.

В настоящее время все более осознается подход, согласно которому управление рисками как процесс выбора новых направлений деятельности (диверсификации), уровней рискованности и распределения ресурсов в хозяйственной деятельности является и средством повышения экономической устойчивости и конкурентоспособности организации.

По существу в настоящее время изменяются и концептуальные подходы к управленческой парадигме. Все больше становится очевидным, что управление хозяйственными рисками – это ответственность на всех уровнях принятия управленческих решений, и прежде всего специалистов в области риск-менеджмента.

Типичная и достаточно распространенная на Западе модель управления рисками в корпорации предусматривает координированное руководство на всех уровнях организации. Это прежде всего совет директоров, исполнительный комитет (executive committee), менеджеры бизнес-единиц (business unit general managers), функциональные эксперты и специалисты (functional experts and specialists), а также линейные менеджеры, так называемые ключевые наблюдатели и офис (key supervisors and staff). За оформление риск-политики и риск-стратегии в организации отвечает корпоративная группа управления рисками [6].

Итак, стратегию управления рисками формируют специалисты в области риск-менеджмента предприятия. При этом повышение устойчивости функционирования фирмы может решаться, как минимум, в двух направлениях. *Первое направление – традиционное*, нацелено на сохранение базового капитала фирмы или имеющейся акционерной стоимости компании. *Второе направление – инновационное,* связано с формированием дополнительной стоимости компании или бизнеса.

В большинстве случаев эти две задачи и определяют тактику и стратегию обеспечения экономической устойчивости организации на основе совершенствования механизма управления предпринимательскими рисками.

Управление хозяйственным риском – можно охарактеризовать как процесс, который имеет своей основной целью уменьшить или компенсировать потери для субъекта предпринимательской деятельности при наступлении неблагоприятных событий.

В целом *управление риском* предприятия представляет собой систему регулирования экономических, финансовых и других отношений, возникающих в условиях неопределенной хозяйственной ситуации. Управление рисками организации предполагает комплекс мероприятий, направленных на:

– прогнозирование рисковых ситуаций в условиях неопределенности;
– обоснование отказа от риска;
– обоснование риска при определенных условиях;
– уменьшение риска путем определенных методов и приемов;
– нейтрализацию риска до минимума;
– ликвидацию причин и последствий проявившихся рисков;
– адаптацию «обновленных» после кризиса организаций к изменившимся условиям;
– сохранение самой организации от банкротства [7].

Управление рисками, как и любая деятельность, имеет свою *стратегию и тактику.*

Под стратегией управления понимают основное направление и способ использования средств для достижения поставленной цели.

Стратегия управления риском – это искусство планирования и руководства в условиях неопределенной хозяйственной ситуации, основанное на прогнозировании риска и приемов его снижения. Стратегия включает правила, на основе которых принимаются рисковые решения и способы, варианты их выбора.

Под *тактикой управления риском* понимаются конкретные методы и приемы для достижения поставленной цели в конкретных условиях. Задачей тактики управления является

выбор наиболее оптимального решения и наиболее приемлемых в данной хозяйственной ситуации методов и приемов управления риском [8].

Собственно говоря, концептуально процесс управления рисками в предпринимательстве мало чем отличается от классического процесса управления самой организацией.

В содержательном аспекте управление рисками организации обязательно включает формулирование целей и задач, сбор информации и прогнозирование рисков, определение экономического эффекта, а также масштабов и возможностей проявления хозяйственного риска.

Следует отметить, что большинство российских компаний пока предпочитает полагаться на традиционные способы, которые укладываются в рамках так называемой *статической концепции* управления риском. Основной смысл данной концепции заключается в том, что все мероприятия по предотвращению или снижению хозяйственных рисков остаются неизменными в процессе реализации однократно принятого управленческого решения.

Исторически данные методы управления рисками сформировались первыми, поэтому их еще называют классическими. Сегодня классические методы управления предпринимательскими рисками наиболее распространены в финансовых операциях с использованием иностранной валюты и формировании структуры капитала организации.

В современных условиях, когда устойчивое развитие предпринимательских структур определяется уровнем их конкурентоспособности, явно прогрессируют тенденции, основанные на альтернативной, *динамической концепции* управления рисками.

Объективные макроэкономические закономерности развития инициируют предприятия намеренно интегрировать динамическую концепцию управления риском в центр существующей системы риск-менеджмента. Причем, в самом риск-менеджменте предприятия по-прежнему преобладают два подхода или два принципа.

Рис. **Концептуальные подходы и стратегические задачи управления предпринимательскими рисками**

На рисунке приведена схема подходов и стратегических задач управления рисками в рамках обоих подходов.

Отметим, что один из приведенных подходов может считаться конформистским. Этот подход направлен на приспособление или сообразование (conformance) нынешних принимаемых решений и действий к будущей ситуации. Второй подход, напротив, ориентирован на развитие организации, на совершение поступка (подвига) (performance).

В качестве наглядного примера отметим, что в последнее время в России внедряются системы качества с последующей их сертификацией на соответствие стандартам серии ISO 9000. В научной литературе [12–14] под «системой качества» понимается совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством выпускаемой продукции.

В настоящее время большое распространение при создании систем качества получают концепция TQM (total quality management) – всеобщего управления качеством и концепция CWQC (company wide quality control) – управления качеством в рамках компании.

Однако практика внедрения и сертификации систем управления качеством на отечественных предприятиях показывает, что не менее трети сертифицированных предприятий относятся к внедренным системам качества формально, без понимания сути концепции TQM.

Для данных предпринимательских структур, пытающихся выйти со своей продукцией на внешний рынок, система качества служит лишь методом для получения необходимого сертификата. Вполне очевидно, что формальное внедрение системы качества и получение сертификата на данную систему и производимую продукцию может служить лишь одним из необходимых, но отнюдь не достаточным условием обеспечения экономической устойчивости и конкурентоспособности предприятия.

Имеющийся в настоящее время практический опыт свидетельствует, что фирмы, полностью сосредоточенные на обеспечении повышенной рентабельности, не видят стратегической перспективы развития своей организации.

Например, для отечественного бизнеса типовыми являются ситуации, когда при наличии прибыли предприятие является неплатежеспособным, то есть не может погасить свои текущие обязательства, и, наоборот, имея убытки, предприятие аккуратно рассчитывается с кредиторами и государством по налоговым обязательствам.

Данная ситуация наглядно показывает, что получение максимальной прибыли не может рассматриваться как стратегическая цель и критерий устойчивого функционирования предпринимательских структур.

Но если не прибыль, то что же можно принять в качестве цели и критерия устойчивого развития организации?

Поэтому именно второй подход (см. рисунок), ориентированный на развитие, рост стоимости бизнеса, является тем методом, который обеспечивает необходимую конкурентоспособность и устойчивость предпринимательской структуры.

Рост благосостояния собственников (акционеров, владельцев доли или пая) или, иначе, рост стоимости бизнеса в упрощенном виде может быть определен как разность между стоимостью капитала, внесенного акционером (владельцем доли) при создании предприятия, и стоимостью этой же доли при ее возможной реализации на рынке. Если капитал был преумножен, то, следовательно, менеджмент справился со своими задачами.

Поэтому управление предприятием с позиций максимизации стоимости бизнеса требует от менеджеров особого подхода, основанного на стоимостном мышлении.

В настоящее время большинство компаний используют как классический, так и инновационный подходы в целях обеспечения экономической устойчивости. В целом управление рисками в рамках указанных подходов заключается в обеспечении, с одной стороны, гарантированного дохода предприятия, а с другой, – прироста стоимости компании, основанного на использовании инновационных продуктов и технологий в предпринимательской деятельности.

Литература

1. Бараненко С.П., Шеметов В.В. Стратегическая устойчивость предприятия. М.: Центрполиграф, 2004.

2. Формирование новых экономических отношений в России: государственные и рыночные механизмы регулирования / под ред. В.А. Гневко. СПб., 2008.

3. Социум XXI века: рынок, фирма и человек в информационном обществе. М.: ТЕИС, 1999.

4. Безуглова М.А. Анализ экономических показателей в системе национальной экономической безопасности // Вестник МГУ. 2007. № 2. .

5. Миэринь Л.А. Безопасность хозяйствующих субъектов в условиях нестабильной среды. СПб.: Изд-во СПб ГУЭФ, 1999.

6. Дойль П. Менеджмент: стратегия и тактика. М.: Дело, 2004.

7. Васин С.М., Шутов В.С. Управление рисками на предприятии. М.: КНОРУС, 2010.

8. Тэпман Л.Н. Риски в экономике. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2008.

9. Безденежных В.М. Синергетический подход к устойчивости сложных экономических систем. М.: Центрполиграф, 2006.

10. Коваленко Б.Б. Институциональные преобразования – методологическая основа формирования и государственного регулирования корпоративных структур. СПб.: СПб ГУЭФ, 2004.

11. Стиглиц Дж., Эллерман Д. Мосты через пропасть: макро- и микростратегии для России // Проблемы теории и практики управления. 2006. № 4.

12. Рыночное хозяйство и риски. СПб.: Наука, 2002.

13. Уткин Э.А. Риск-менеджмент. М.: Тендем, 1999.

14. Чернов В.А. Анализ хозяйственного риска. М.: Финансы и статистика, 2001.

ОХРАНА ТРУДА

УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ ВОДНОГО ТУРИЗМА НА БАЛТИКЕ КАК ФАКТОР СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОПАСНОСТИ

Л.А. Митрофанова, кандидат химических наук, доцент.
Представительство Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России в г. Выборг

Приводится исследование экологических проблем Балтийского моря как природного ресурса для развития водного туризма. Угрозу сохранности Балтийского моря создает его высокая чувствительность к техногенному воздействию, усиление которого неизбежно при росте объемов перевозок водным транспортом и развитии водного туризма. Техногенное воздействие характеризуется загрязнением акватории биогенными элементами, тяжелыми металлами, нефтепродуктами, электромагнитным излучением. Устойчивое развитие водного туризма в рамках концепции комплексной безопасности позволит улучшить экологическую ситуацию в регионе Балтийского моря.

Ключевые слова: экологические проблемы, Балтийское море, водный туризм, загрязнение акваторий, устойчивое развитие, комплексная безопасность

WATER TOURISM SUSTAINABLE DEVELOPMENT ON BALTIC REGION AS A FACTOR OF ECOLOGICAL DANGER REDUCTION

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

An article included the investigation of Baltic Sea ecological problems, connected with him nature, pollutions by biological elements, heavy metals, oil products and electromagnetic influence. The sustainable development of water tourism according conception of complex security will preserve the Baltic Sea and improve the ecological situation in region.

Key words: ecological problems, Baltic Sea, water tourism, water pollutions, sustainable development, complex security

Современное состояние Балтийского моря характеризуется рядом значительных экологических проблем, обусловленных его природными особенностями, режимом эксплуатации, создавшими угрозу экологической катастрофы в регионе при существующем подходе к вопросам безопасности судоходства и планируемом увеличении объемов перевозок. Проблема сохранности Балтийского моря как природного ресурса для развития судоходства и водного туризма является актуальной и должна решаться с учетом его современного состояния и пределов толерантности к антропогенной нагрузке. Исследование экологической проблематики должно основываться на природных особенностях Балтийского моря.

Балтийское море представляет собой глубоко вдающуюся в материк акваторию, относящуюся к бассейну Атлантического океана и связанную с Мировым океаном только узкими проливами. Водообмен с Мировым океаном происходит медленно, период полного обновления воды исчисляется 40–50 годами, что обусловливает чрезвычайную

чувствительность Балтийского моря к антропогенному воздействию. Большинство антропогенных загрязнений попадают в акваторию водным путем, так как Балтийское море служит приемным бассейном более чем двухсот рек. Угроза состоянию Балтийского моря исходит и с его дна, так как в течение десятилетий глубины Балтики использовались для захоронения опасных отходов, боеприпасов. Значительная часть загрязнений попадает в воды Балтики путем атмосферного переноса. Судоходство различных целевых назначений привносит негативный вклад в состояние акватории. Комплексное негативное воздействие в течение длительного периода формирует угрозу сохранности Балтийского моря.

Основную экологическую проблему Балтийского моря составляет избыточное поступление в акваторию биогенных элементов, нефти и нефтепродуктов, тяжелых металлов, что создает угрозу биологическому разнообразию и качеству воды Балтийского моря. В частности, в условиях дефицита кислорода на глубинах акватории привнесенные органические вещества разлагаются с выделением сероводорода, губительного для живых организмов. Образуются мертвые сероводородные зоны, которые в настоящее время занимают дно крупнейших впадин Балтийского моря – Борнхольмской, Готландской и Гданьской. Наиболее опасно загрязнение акватории нефтью и нефтепродуктами, покрывающих поверхность водного зеркала пленкой, которая препятствует кислородному обмену, необходимому для поддержания жизни морских организмов. Опасность представляет и прямое попадание нефти на крупных представителей морской фауны. По статистике, аварийные разливы нефти в большинстве случаев происходят в прибрежных и шельфовых зонах, наиболее продуктивных и в то же время экологически уязвимых районах Балтийского моря.

Проблема разливов нефти, помимо экологического, имеет и экономический аспект. По данным российского отделения Гринпис, из-за разливов ежегодно теряется 5–7 % общего объема добываемой и транспортируемой нефти – это примерно 20–30 млн тонн природного ресурса и ценнейшего компонента валового национального продукта страны. Следует учитывать, что в последнее время наметился устойчивый рост объема нефтеперевалки через порты Ленинградской области и Санкт-Петербурга, который к 2015 г., по оценке экспертов, вплотную приблизится к уровню 200 млн тонн в год. Это существенно увеличивает риск возникновения чрезвычайных ситуаций, связанных с разливом нефти и нефтепродуктов, так как водный транспорт характеризуется высокой аварийностью. Причинами высокой аварийности, по данным Министерства транспорта РФ [1], являются:

– крайняя изношенность большей части судов;

– низкий уровень профессионализма судоводительского состава;

– недостаточная ответственность судовладельцев при подготовке судов к безопасному плаванию;

– недостаточная эффективность контролирующей и надзорной деятельности.

Незаслуженно мало внимания уделяется электромагнитному загрязнению вод Балтийского моря, хотя именно в Северо-Западном регионе существуют фундаментальные исследования влияния данного загрязнения на состояние водоемов [2]. Важность исследования влияния данного вида загрязнения усиливается в связи с возрастающими объемами судоходства на Балтике, техническим переоснащением судов, применением глобальных информационных систем. Электромагнитные характеристики водоемов оцениваются электрофизическими показателями:

– диэлектрической и магнитной проницаемостью;

– электрической проводимостью воды.

Макроскопические электромагнитные показатели водной среды формируются внеземными источниками генерации электромагнитного поля. Движение самой водной среды в магнитном поле Земли и отдельные виды движения воды (ветровое волнение, внутренние волны, вихревые пульсации) также сопровождаются возникновением электромагнитного эффекта. Описана большая группа квазистационарных источников электромагнитного поля:

– концентрационно-диффузионные и адсорбционные процессы, возникающие при электрохимическом взаимодействии веществ в водной среде;

– электрокинетические явления, возникающие при контактах донных и береговых грунтов с водой;

– локальные импульсные возмущения при контактах водных живых организмов;

– возникновение разности потенциалов в процессе замерзания воды и др.

Помимо естественных, на электромагнитные показатели водной среды влияют техногенные факторы:

– аномальные электромагнитные эффекты в водной среде из-за деятельности технического оборудования трансформации всех видов энергии;

– электрическое поле кильватерной струи при движении судов;

– электромагнитное излучение установок радиосвязи;

– электрохимические поля, возникающие при загрязнении акваторий сточными водами;

– блуждающие токи от подводных кабелей и др.

Таким образом, электромагнитная составляющая является неотъемлемой частью общей характеристики состояния акватории и зависит от множества природных и техногенных факторов.

Значительную актуальность имеют исследования биологической опасности электромагнитных полей для состояния водных экосистем. Электромагнитные излучения естественной природы воспринимаются гидробионтами в пределах их толерантности к этому фактору. Всякое превышение приводит к необратимым изменениям в водных экосистемах вследствие негативного влияния естественных и техногенных электромагнитных полей на жизнедеятельность водных организмов:

– угнетаются физиологические процессы, особенно размножение и развитие;

– изменяются биоритмы и поведенческие реакции гидробионтов.

Существуют данные по влиянию электромагнитных полей на людей, путешествующих водным транспортом. Наиболее мощное воздействие на человека регистрируется при скоростном передвижении на всех видах современного водного транспорта и при резких изменениях направления и скорости движения. Иногда эффект скоростного перемещения вызывает ощущения, сопоставимые с воздействием самых сильных магнитных бурь естественного происхождения. В длительных путешествиях электромагнитное воздействие особенно опасно, вплоть до перенапряжения компенсаторных возможностей человека на самом глубоком уровне тонких процессов обмена и регуляции.

Воздействие водной среды с повышенными электромагнитными характеристиками небезопасно и для технического оборудования. Регистрируются мощные помехи в радиосвязи, отказы в работе оборудования, повышенная скорость коррозии корпусов судов в акваториях с аномальными электрофизическими характеристиками. Практический интерес представляет исследование изменений электромагнитных полей под корпусами судов. В зависимости от характеристик судна (габариты, осадка, материал корпуса) воздействие индуцируемого им поля проникает на значительную глубину и оказывает влияние на электрофизические показатели акватории. Характеристики полей, индуцированных водным транспортом, зависят от скорости движения судна, состояния дна акватории, наличия затонувших металлических конструкций и подводных сооружений. Контроль индуцированных судами электромагнитных полей позволяет опосредованно судить об экологическом состоянии водоема.

Резкий рост объемов грузовых и пассажирских перевозок способен спровоцировать мощное возрастание электромагнитного загрязнения Балтийского моря. Научная общественность заинтересованных стран должна усилить внимание к исследованию электромагнитного загрязнения и возможностей минимизации его негативного влияния на состояние акваторий. Необходимо перевести проблему в правовое поле, в частности, установить интегрированные критерии гигиенического нормирования электромагнитного

излучения ввиду его глубокого проникновения в биоценозы. Система экологического мониторинга акватории должна включать и контроль электромагнитных характеристик водной среды, что позволит оперативно оценивать экологическое состояние водоема по электрофизическим характеристикам и делать выводы о жизнедеятельности водных экосистем, безопасности судоходства.

По мнению исследователей, планируемое резкое увеличение судоходства на Балтике приведет к еще более серьезным экологическим последствиям. Негативное антропогенное воздействие, производимое на акваторию Балтики в течение длительного периода, сформировало экологические вызовы. Регистрируются ненаблюдаемые ранее явления:

– появление чужеродных видов организмов или чрезмерный рост существующих (цианобактерий, нитчатых водорослей);

– эвтрофикация открытого моря и прибрежных зон;

– ухудшение качества воды Балтийского моря.

Восточная часть Финского залива наиболее загрязнена и является инкубатором чужеродных видов организмов, проникающих и в остальные водные бассейны России. Необходимость научного исследования последствий негативного воздействия и нахождения адекватных ответов на сформировавшиеся экологические вызовы очевидна. Одной из мер повышения внимания ученых, специалистов и экологической общественности к проблематике Балтики является разработка федеральной целевой программы мониторинга и прогнозирования последствий происходящих здесь экологических изменений. Основной вывод, следующий из анализа экологической проблематики Балтийского моря, очевиден: на настоящий момент полностью исчерпаны природные способности акватории к гомеостазу. Дальнейшее негативное воздействие может усугубить экологическую ситуацию на Балтике, вплоть до крупномасштабной экологической катастрофы. Все программы развития водного транспорта и водных видов туризма в регионе должны учитывать это обстоятельство для обеспечения комплексной безопасности хозяйственной деятельности на акватории Балтийского моря и в прибрежных зонах.

С точки зрения рассматриваемых экологических проблем Балтики, представляет интерес концепция, провозглашающая устойчивое развитие туризма по принципам, обеспечивающим конституционные права и безопасность туристов. Основной концептуальной целью является привлечение туристов и инвесторов к Ленинградской области как территории благоприятной для отдыха и рекреации. Задачи поставлены сложные, так как устойчивое развитие туризма следует обеспечить на территории, которая достаточно длительный период характеризуется как неблагоприятная по экологической безопасности, уровню сервиса и развития туристской инфраструктуры, обеспечения личной безопасности туристов.

В концепции приводится перечень видов и типов туризма, реализуемых или подлежащих развитию в регионе в качестве приоритетных, в частности, водный туризм, который трактуется как «специальные категорийные походы, предусматривающие сплав по рекам, прохождение озер и других водоемов». Данное определение несколько сужает понятие водного туризма и не отражает уже имеющихся в регионе возможностей его развития. С вводом в эксплуатацию порта «Морской фасад» стало реальным развитие круизного туризма, изменение режима эксплуатации Сайменского канала позволяет реализовать теплоходный, катерный, яхтенный виды туризма. С позиции сохранения водных ресурсов региона важно расширить понятие «водный туризм».

Представляется ошибочным полагать, что развитие водного туризма на маломерных плавсредствах лишено многих проблем, связанных с инфраструктурным обеспечением, сохранением экологической чистоты акваторий и береговых зон. Уже сейчас берега внутренних водоемов региона, включая Финский залив, из-за необустроенности и крайней загрязненности, практически не пригодны для рекреационной деятельности. Загрязнения береговых зон смываются в водоемы, при этом в водную среду поступают опасные вещества из бытовых отходов, оставляемых туристами-водниками на стоянках. В силу значительного

влияния водного транспорта любых категорий на экологическое состояние прибрежных территорий, внутренних водоемов и Балтийского моря, необходима комплексная программа реализации концепции, которая должна также учитывать близость и практическую неразделимость транспортных систем соседних субъектов. При таком подходе облегчается проведение единой экологической политики, осуществляемой под эгидой Морского Совета. Оздоровление экологической ситуации в регионе станет дополнительным фактором развития водного туризма.

Одной из основных причин медленного развития водного туризма в регионе является недостаточная развитость портовой инфраструктуры, эта же причина снижает экологическую безопасность акваторий и береговых зон. Исключением является порт «Морской фасад», пассажирский терминал которого может принимать круизные и паромные суда длиной до 311 м и осадкой до 9 м. Пропускная способность терминала в сезонный период составит около 12 тысяч туристов в день. «Морской фасад» занимает площадь около 30 га специально намытой для его размещения территории, акватория порта составляет 77 га, общая длина причальной стенки 2 108 м. Мощностей морского порта для развития водного туризма в регионе вполне хватает. В туристском сезоне 2009 г. порт «Морской фасад» принял в общей сложности около 30 судов категорий «Премиум» и «Стандарт», которые доставили в Санкт-Петербург порядка 230 тысяч туристов [3]. Таким образом, в регионе появились возможности принимать современные туристские лайнеры, решать экологические вопросы на уровне мировых стандартов.

Значительный интерес для развития водного туризма представляет «Концепция системы водных пассажирских перевозок в Санкт-Петербурге», принятая в 2008 г. Пассажирооборот на речном транспорте достиг почти 3 млн человек в год, при этом круизные перевозки составляют всего 10 %. Концепция предусматривает создание общегородской сети водного транспорта, которая, при наличии общего волеизъявления соседних субъектов РФ, могла бы стать региональной и использоваться не только для пассажирских, но и туристских перевозок. Строительство необходимых для водного такси объектов инфраструктурного обеспечения позволит решить проблему сохранения береговых зон. Однако возросший объем перевозок скажется на состоянии задействованных акваторий. Необходимо соблюсти определенный баланс между экономической выгодой проекта и задачей сохранения водных ресурсов региона.

Для развития водных видов туризма необходимо учесть, что в рамках проекта выгоднее сразу строить не причальные стенки, а причалы с полным сервисным инфраструктурным оснащением. Региону традиционно не хватает мощностей для принятия туристов, прибывающих на собственных маломерных судах. Строительство причалов для водного такси с учетом возможности швартовки и маломерных туристских судов позволит реализовать комплексный подход к развитию водного туризма. В настоящее время из-за неразвитости инфраструктуры водного туризма только Санкт-Петербург теряет сотни миллионов рублей, в масштабах региона формируется еще более значительная упущенная выгода. По прогнозам, в ближайшие годы Санкт-Петербург ежегодно будут посещать около 10 тысяч яхт с 40–50 тысячами туристов на борту. Кроме того, по данным Государственной инспекции по маломерным судам МЧС России по Санкт-Петербургу, ежегодно в городе регистрируется около 7000 частных судов. Динамика развития маломерного водного транспорта должна дополниться данными по региону.

В настоящее время существующих 48 объектов базирования и обслуживания маломерного флота явно недостаточно, к тому же отмечена тенденция сокращения действующих яхт-клубов из-за высокой ценности прибрежных территорий. Большинство из этих объектов по уровню сервиса и технического обеспечения не соответствует мировым стандартам. В перспективе планируется довести число объектов до 90, техническое оснащение которых позволит классифицировать их в соответствии с мировыми стандартами. Инфраструктурное оборудование прибрежных зон позволит в определенной мере решить экологические проблемы, однако для полного решения задачи сохранения акваторий

необходима работа с судовладельцами и туристами по формированию их мотивации к экологическому типу поведения. Инструментами воздействия могут быть разработка рекомендаций с описанием возможностей сохранения окружающей среды при пользовании водным транспортом, проведение экологической сертификации судов, включение в международное движение Голубой флаг.

Основной проблемой развития водного туризма с учетом необходимости сохранения водных ресурсов видится отсутствие в этом направлении системного подхода. Регион обладает огромными водными ресурсами и значительным потенциалом для развития различных видов водного туризма – круизного, яхтенно-катерного, походов на байдарках, каяках, катамаранах, каноэ, ялах, рафтах, занятий дайвингом, сноркелингом. На многих региональных водоемах имеются водопады и пороги, что обеспечивает занятия различными видами водного туризма повышенной категорийности. Представляет интерес наличие лоций большинства внутренних водоемов, устоявшаяся в регионе традиция проведения водных фестивалей и регат, что формирует контингент туристов-водников.

Первостепенной задачей является приведение в соответствие задач устойчивого развития водного туризма в регионе и минимизации связанных с этим экологических проблем Балтики [4,5]. Для этого в сфере постоянного контроля должны находиться следующие вопросы:

– состояние водной среды региона с учетом особой экологической уязвимости Балтийского моря;

– регламентация различных загрязнений, включая электромагнитное, как инструментарий сохранности биоразнообразия Балтийского моря;

– развитие природоохранной инфраструктуры прибрежных зон;

– применение современных технологий и оборудования для обеспечения экологически безопасного судоходства и сохранности водных путей;

– подготовка к внедрению с 1 июля 2010 г. новой редакции Приложения VI Международной конвенции по предотвращению загрязнения с судов (MARPOL), мероприятий ИМО, предусматривающих более жесткие требования к судам по выбросам загрязнений;

– широкое введение в практику международных движений по экологически безопасному судоходству.

Сбалансированное развитие водного туризма и природоохранной деятельности на Балтике, совершенствование правил экологического кодекса поведения в акваториях Балтики позволит обеспечить комплексную безопасность туристов, судоходства, сохранность водных путей и береговых территорий.

Литература

1. Итоги надзорной деятельности Госморречнадзора в первом полугодии и задачи по повышению эффективности надзорной деятельности во втором полугодии 2009 года // Протокол совещания в Федеральной службе по надзору в сфере транспорта. М.: Минтранс РФ, 2009. 15 с.

2. Александров В.В. Экологическая роль электромагнетизма. СПб.: Изд-во Политех. ун-та, 2006. 715 с.

3. О круизном туризме // Морской бизнес. 2009. № 3 (16).

4. Экономика природопользования: Оптимальная экологическая политика в условиях международной мобильности капитала // Управление экономикой. 2009. № 1 (16).

5. Алексанин С.С., Рыбников В.Ю., Тарита В.А. Всероссийский центр экстренной и радиационной медицины им. А.М. Никифорова МЧС России: вчера, сегодня завтра // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2008. № 3. С. 3–10.

ДИАГНОСТИКА И ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПРИГОДНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ СОТРУДНИКОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ МЧС РОССИИ

В.О. Солнцев, кандидат педагогических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассмотрены вопросы теории и практики диагностики и формирования профессиональной пригодности в процессе подготовки сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС России. Раскрыта важная роль отбора, обучения и воспитания в вузах ГПС МЧС России в формировании профессиональной надежности сотрудников ГПС МЧС России.

Ключевые слова: профессиональная пригодность, профессиональная подготовка, сотрудники Государственной противопожарной службы МЧС России

DIAGNOSTICS AND FORMATION OF PROFESSIONAL SUITABILITY DURING PREPARATION OF EMPLOYEES OF THE STATE FIRE SERVICE OF THE MINISTRY OF EMERGENCY MEASURES OF RUSSIA

V.O. Solncev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In article questions of the theory and practice of diagnostics and formation of professional suitability during preparation of employees of the State fire service of the Ministry of Emergency Measures of Russia are considered. The important role of selection, training and education in high schools of the Ministry of Emergency Measures of Russia in formation of professional reliability of employees the Ministry of Emergency Measures of Russia is considered.

Key words: professional suitability, vocational training, employees of the State fire service of the Ministry of Emergency Measures of Russia

В современных условиях при значительном усложнении задач, решаемых Государственной противопожарной службой (ГПС) МЧС России, существенно повышаются требования к уровню профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России [1–5]. От уровня профессиональной пригодности сотрудника в значительной степени зависит эффективность его подготовки и служебной деятельности. В этой связи важным направлением совершенствования подготовки сотрудников ГПС является диагностика, формирование их профессиональной пригодности на всех этапах подготовки и деятельности, включая отбор кандидатов на учебу, обучение в вузе и распределение выпускников по окончанию вуза [4].

Профессиональная деятельность сотрудников ГПС МЧС России имеет свои особенности и протекает на фоне выраженных физических и нервно-психических нагрузок, что предъявляет повышенные требования к их профессионально важным качествам [5, 6]. Специфика несения службы сотрудниками ГПС МЧС России, необходимость выполнения служебных и профессиональных обязанностей в условиях чрезвычайно высоких нервно-психических и физических нагрузок обусловливает высокий уровень психосоматической и нервно-психической заболеваемости, посттравматических стрессовых расстройств у сотрудников. Это приводит к снижению эффективности профессиональной деятельности сотрудников в повседневных и, особенно стрессовых ситуациях, определяет необходимость

диагностики и учета уровня их профессиональной пригодности в процессе кадровой работы, подготовки в вузах ГПС МЧС России их в целом.

Профессиональная деятельность пожарных характеризуется воздействием значительного числа стрессогенных психотравмирующих факторов, зачастую протекающих в экстремальных условиях. Такие факторы как ненормированный рабочий день, постоянный контакт с человеческим горем, необходимость полной отдачи психических и физических сил при тушении пожаров, локализации чрезвычайных ситуаций снижают функциональные резервы организма, вплоть до их полного истощения. Влияние неблагоприятных факторов препятствует исполнению сотрудниками служебных обязанностей, приводят к временной нетрудоспособности.

Анализ различных проблем в профессиональной подготовке и деятельности сотрудников ГПС МЧС России (гибель личного состава, нарушение дисциплины и закона) и негативные проявления (психосоматические заболевания, межличностные конфликты, дезадаптивные типы поведения, посттравматические стрессовые расстройства, агрессивность, алкоголизация, низкая эффективность учебы в вузе и деятельности в экстремальных ситуациях) свидетельствует о том, что они прямо или косвенно связаны с низким уровнем *профессиональной пригодности* сотрудников.

Обеспечение профессиональной пригодности сотрудников ГПС МЧС России во многом зависит от научно обоснованных технологий отбора кандидатов на обучение и воспитание, подбора и расстановки кадров, применения методик психолого-педагогической диагностики личностных особенностей, позволяющих дифференцированно и с высокой точностью оценить психологическую пригодность и уровень развития профессионально важных качеств будущих и действующих сотрудников ГПС МЧС России.

В Российской Федерации число лиц, признанных непригодными к службе среди поступающих на работу в силовые министерства, составляет в среднем около 15 % от всех кандидатов на службу и 10 % от поступающих в учебные заведения силовых ведомств [7]. В настоящее время наблюдается тенденция к ухудшению показателей, характеризующих здоровье людей и их интеллектуальное развитие.

Необходимость тщательного отбора и подготовки сотрудников ГПС МЧС России обусловлена многими факторами и, прежде всего, высокой ценой за допущенную ошибку в связи с несоответствием требованиям профессиональной деятельности сотрудника, а также существенной стоимостью и сложностью обучения будущих специалистов по пожарной безопасности.

Изменившиеся условия жизни, увеличение технической оснащенности, сложность конструкций, зданий, технологических процессов, опасность возникновения техногенных и природных ЧС предъявляют к качествам сотрудников ГПС МЧС России более жесткие требования.

Необходимость решения задач диагностики, учета и формирования профессиональной пригодности сотрудников ГПС МЧС России подразумевает активное использование отечественных и зарубежных разработок в области психолого-педагогических исследований.

Психолого-педагогический подход предполагает осуществление учета индивидуальных психологических особенностей личности человека и оценку их соответствия требованиям профессиональной деятельности и на этой основе разработку рекомендаций по выбору профессии. Важно подчеркнуть, что психолого-педагогический подход предусматривает целенаправленное воспитание личности сотрудника ГПС МЧС России, активное формирование устойчивого интереса и желания посвятить свою жизнь службе в ГПС МЧС России, подготовленности к приобретению специальных знаний и будущей служебно-профессиональной деятельности по избранной специальности.

Научной основой решения проблем обеспечения профессиональной пригодности сотрудников ГПС МЧС России являются концепции о социально-биологической сущности человека, о свойствах личности и формировании профессиональных способностей [8–12].

Социальное окружение человека формирует его установки и ожидания; имеющаяся квалификация создает основу для профессионального развития и совершенствования; потребности общества и условия рынка труда влияют на возможность получения работы в определенной области; способности и личностные особенности облегчают или служат помехой овладению знаниями и навыками, важными для профессиональной деятельности. Таким образом, успех в работе зависит от многих факторов, которые не всегда легко обнаружить и предвидеть.

Большинство свойств человека и его поведение могут развиваться и изменяться в процессе жизни. Поэтому направленное воспитание и обучение дает положительный эффект.

Но на практике эти возможности не безграничны. Ограничения вытекают из недостаточной разработанности теории обучения и недостаточной возможности ее практического приложения к конкретным особенностям различных видов деятельности. Невозможность обучить любого человека любому виду деятельности также кроется во врожденных индивидуальных особенностях темперамента, характера, психомоторики, восприятия и памяти, а также сформированных устойчивых динамических стереотипах поведения [12].

Выделяют ряд препятствий, вытекающих из индивидуальных психофизиологических характеристик индивида [11]. Первая группа препятствий возникает при определенных требованиях к темпу и порядку действий человека. Как чрезмерно высокий, так и чрезмерно низкий темп могут привести к нарушению структуры деятельности. Возможности обучения здесь весьма ограничены, поскольку скоростные характеристики реакций и целостных действий обусловлены основными свойствами нервной системы.

Вторая группа препятствий связана с такими факторами, как особая ответственность за скорость и точность действий при возникновении непредвиденных ситуаций, воздействии стрессовых факторов. У многих людей в стрессовых ситуациях проявляется чрезмерная реактивность или, наоборот, чрезмерная заторможенность, что приводит к дезорганизации деятельности. А так как сотрудники ГПС постоянно по роду своей деятельности сталкиваются со стрессовыми ситуациями, эта группа препятствий имеет наибольшее значение при отборе и процессе подготовки в вузе.

Третья группа препятствий относится к качеству человека, которое можно определить как эффективность обучения. В условиях стандартных сроков и программ обучения нельзя не считаться с тем, что не все люди могут быть обучены одинаково успешно, хотя персональные планы в некоторой степени индивидуализируют процесс обучения, но зачастую этого недостаточно. В связи с этим задача профессионального отбора заключается в выявлении таких лиц, у которых процесс подготовки дает максимальный эффект при минимальном времени обучения.

Составной частью подготовки сотрудников ГПС МЧС России является профессиональный отбор, который представляет собой комплекс мероприятий, направленных на диагностику профессиональной пригодности человека к определенному виду деятельности, включающий оценку социальных данных, уровня профессиональной подготовки, состояния здоровья и психологических особенностей личности. Профессиональный отбор – это научно обоснованный допуск людей к какому-либо определенному виду профессионального обучения или деятельности [6]. Основным принципом и конечной целью отбора является: на основе диагностики способностей определение категории пригодности по отношению к конкретным специальностям, должностям и предоставление каждой личности возможностей для ее оптимальной реализации в профессиональной деятельности [11]. Отбор представляет собой процесс диагностики соответствия качеств и способностей человека требованиям профессиональной деятельности. Он является одним из важных направлений повышения эффективности профессиональной подготовки и деятельности сотрудников ГПС МЧС России.

Специфика деятельности сотрудников ГПС такова, что даже небольшая ошибка, обусловленная психическими особенностями человека, в частности такими, как

неустойчивость внимания, нескоординированость движений, неумение быстро сориентироваться в обстановке и принять правильное решение, может привести к серьезным последствиям, а возможно, и к гибели людей. Соответственно, целью отбора является определение способности человека к обучению в вузе ГПС МЧС России и прогнозирование эффективности его действий в реальной обстановке, включая экстремальные условия.

Теоретически можно допустить, что любого здорового человека можно обучить и натренировать так, что он сможет справиться со своими служебными обязанностями. Однако индивидуальные различия между людьми могут быть настолько значительными, что в некоторых видах деятельности выявилась группа лиц, которая, несмотря на активное стремление овладеть данной деятельностью, не могут достигнуть необходимого минимума профессионального мастерства. Эти лица, не обладающие достаточными способностями к данной деятельности, не только значительно дольше других и с большими трудностями овладевают профессией, но работают хуже других: чаще допускают ошибки, просчеты, являются виновниками нарушений служебной дисциплины, аварий и, в целом, обладают меньшей надежностью в работе.

Недостаточная профессиональная пригодность и низкий уровень профессиональной адаптации препятствуют успешному овладению профессией пожарного, качественному выполнению служебных задач, а как следствие – способствуют возникновению чувства неудовлетворенности человека выбранной профессией.

Практика отбора кандидатов в вузы МЧС России показывает, что поступающие в недостаточной степени профессионально ориентированы. Система неадекватных, идеализированных представлений о службе в ГПС МЧС России в последующем приводит к разочарованию, кризису мотивации. Кризис мотивации проявляется в переосмыслении своего места, назначения, окружения, изменении интересов, позиций, отношения к служебным обязанностям. В конечном итоге – все заканчивается увольнением. Следует отметить, что отчисления из вуза, связанные с нарушениями дисциплины, также тесно связаны с изменением мотивации. Анализ незрелой профессиональной мотивации показывает, что главные причины кроются в несамостоятельности избрания профессии, низкой самооценке, недостаточном знании самого себя, требований будущей службы, ошибочном представлении об их условиях.

Реализация мероприятий диагностики и учета профессиональной пригодности в процессе подготовки сотрудников ГПС МЧС России базируется на анализе профессиональной деятельности, результатов профессиографических исследований тех видов деятельности (специальностей, профилей подготовки), обучение по которым организовано в данном вузе.

Для пожарного характерным является режим ожидания. Находясь постоянно в состоянии оперативного покоя, сотрудник ГПС МЧС России должен сохранять готовность к экстренным действиям. Это является одной из форм монотонии, которая также приводит к быстрому утомлению. У некоторых пожарных волнение, вызванное ожиданием пожара, сопровождается реакцией, которая может превосходить реакцию, возникающую в период боевых действий. Стрессогенным фактором в службе пожарных является сигнал тревоги. В первые 25–30 секунд после подъема по тревоге частота сердечных сокращений повышается в среднем на 50 ударов в минуту, а по прибытию к месту пожара пульс может достигать 150 ударов. Пожарный не может выполнить работу, если при ее выполнении частота сердцебиений через 5 минут достигает 180 ударов в минуту и более. Отмечается появление у пожарных во время тушения амнезии (провалов в памяти), когда они не в состоянии описать последовательность своих действий.

Оценка психического состояния сотрудников ГПС МЧС России после выполнения боевых действий по ликвидации последствий аварий и стихийных бедствий показала, что значительное число пожарных находится в состоянии психической дезадаптации. Сотрудники с состоянием психической дезадаптации характеризуются выраженными сдвигами функций энергообеспечивающих систем организма, различных психических

процессов, а также проявлениями, свойственными состоянию между нормой и заболеванием. Указанные расстройства характеризуются вялостью, ощущением шума, тяжести в голове, апатией, пониженным настроением, чувством внутренней напряженности, усталости, моторной заторможенностью и требуют проведения психологической коррекции, позволяющей устранить эти расстройства и предупредить нежелательные последствия.

Деятельность начальников караулов пожарных частей связана со значительным физическим и нервно-психическим напряжением, вызванным высокой степенью личного риска, ответственностью за жизнь людей и сохранность материальных ценностей, необходимостью принятия решения в условиях дефицита времени. Она протекает в крайне неблагоприятных гигиенических условиях, характеризующихся повышенной температурой, наличием токсических веществ в окружающей среде, что, как правило, требует применения средств индивидуальной защиты.

У начальников караулов ведущими группами психологических свойств являются волевые, коммуникативные, мыслительные качества и наблюдательность. В эти группы входят следующие качества: смелость; способность брать на себя ответственность в сложных ситуациях; уверенность в себе и способность принять правильное решение при недостатке необходимой информации, отсутствии времени на ее осмысление; профессиональная наблюдательность; способность к быстродействию в условиях дефицита времени; умение давать четкие, ясные формулировки при сжатом изложении мысли; способность объективно оценивать свои достижения, силы и возможности; способность к длительному сохранению высокой активности; умение распределять внимание при выполнении нескольких действий, функций, задач; умение выбирать при наблюдении данные (информацию), необходимые для решения поставленной задачи; склонность к риску; умение дать объективную оценку действиям других людей и быстрая реакция.

Суммарное воздействие комплекса неблагоприятных экстремальных факторов повышает вероятность травматизма, возникновения соматической патологии и пограничных нервно-психических расстройств. Сильным фактором, способствующим развитию патологических процессов, является нарушение нормального режима, возникающего в связи с периодическим круглосуточным дежурством, состоянием ожидания и непредсказуемости.

Гипертрофированное развитие хронической тревожности, приводящее к самоугнетению, понижению эффективности деятельности, невозможности принимать правильные решения, «неврозу ожидания», затрудняет формирование профессиональной пригодности, а при её сформированности возможна потеря здоровья. С другой стороны, гипертрофированная выраженность активности, энергичности, агрессивности не позволяет сформироваться таким качествам, как осторожность, осмотрительность, профессиональная бдительность, терпимость, социальная податливость, что еще в большей степени препятствует формированию профессиональной пригодности. Поэтому как достаточно высокий уровень личностной тревожности, так и наличие резко выраженных стеничных качеств являются противопоказанием к профессиональной деятельности в должности начальника караула.

Инспектор государственного пожарного надзора (ГПН) – должностное лицо ГПС, наделенное в соответствии с действующим законодательством и нормативными правовыми актами полномочиями по осуществлению государственного пожарного надзора.

Деятельность инспекторов ГПН осуществляется в соответствии с порядком организации и осуществления должностными лицами ГПС МЧС России государственного пожарного надзора за соблюдением требований пожарной безопасности всеми органами исполнительной власти, предприятиями, учреждениями, организациями, иными юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, а также должностными лицами и всеми гражданами.

Функции инспектора ГПН в основном сводятся к пожарно-техническому обследованию предприятий, зданий, сооружений и других закрепленных объектов (населенных пунктов в сельской местности), анализу пожарно-профилактической работы,

разработке обоснованных предложений по усилению противопожарной защиты закрепленных объектов хозяйствования независимо от ведомственной принадлежности и форм собственности (населенных пунктов), оказания помощи в их реализации; к пропаганде по вопросам борьбы с пожарами и учету пожаров.

Проведенные ранее исследования показали, что основные профессионально важные качества инспекторов ГПН при работе на объектах следующие: коммуникативно-организаторские качества, специфичные для них в связи с необходимостью установления многочисленных межличностных контактов с администрацией и персоналом при выполнении своих функций; операторские качества, необходимые инспектору при восприятии и переработке информационных потоков, поступающих от различных технических систем, документальных и коммуникативных источников.

Выявлено, что для наиболее успешных инспекторов характерны следующие навыки: умение разрешать конфликты, отношения с сотрудниками, работоспособность, отношение к работе, трудолюбие, опытность, ответственность, собранность в трудных ситуациях, организаторские качества. Для наименее успешных инспекторов выделяются противоположные качества, которые являются индивидуально-личностными противопоказаниями профессии: пассивность, низкие перспективы профессионального роста, плохие организаторские способности, безынициативность, конфликтность, халатное отношение к работе.

Конкретные профессионально важные качества, необходимые в ходе подготовки и деятельности, распределяются в следующем порядке по степени их значимости: профессиональная наблюдательность; умение вести беседу, спор, диалог, аргументировать, доказывать свою точку зрения; умение связно и логично излагать свои мысли в развернутой форме (доклад, отчет, выступление); уверенность в себе; уравновешенность, самообладание при конфликтах; умение доходчиво довести до слушателя свои мысли и намерения; умение вести деловую беседу, переговоры; способность к разрешению проблем; умение выбирать при наблюдении данные (информацию), необходимые для решения поставленной задачи; способность к быстрому установлению контактов с новыми людьми; способность разумно сочетать деловые и личные контакты с окружающими; умение отстаивать свою точку зрения; умение давать четкие, ясные формулировки при сжатом изложении мысли (при ответах и постановке вопроса); способность быстро найти нужный тон, целесообразную форму общения в зависимости от состояния и индивидуальных особенностей собеседника; умение дать объективную оценку действиям других людей. Указанные качества проявляются в зависимости от специфики выполняемых задач и в разной степени представлены у инспекторов в связи с успешностью их профессиональной деятельности.

На основании проведенного анализа руководящих документов и научных источников по предмету исследования, а также с учетом накопленного практического опыта автором были разработаны *научные и методические основы организационно-кадрового и психолого-педагогического обеспечения формирования профессиональной пригодности сотрудников в процессе их подготовки в вузах ГПС МЧС России*.

Выделены основные *направления диагностики и формирования профессиональной пригодности сотрудников ГПС МЧС России*:

– диагностика, оценка, контроль и коррекция процессов отбора, обучения, воспитания, профессионального и личностного развития сотрудников ГПС МЧС России, особенностей формирования профессионально важных качеств;

– контроль динамики развития профессиональных качеств будущих сотрудников, начиная от первого года учебы по выбранной специальности;

– изучение способностей к усвоению знаний по выбранной специальности;

– оказание помощи обучающимся при развитии психических познавательных процессов;

– анализ причин недисциплинированности, неадекватного поведения, снижения мотивации, увольнения, кадровых перемещений сотрудников;

– разработка рекомендаций и проведение воспитательной работы по целенаправленному управлению формированием в вузе ГПС МЧС России профессиональной пригодности сотрудников;

– разработка и проведение учебных занятий по вопросам психологии общения, деятельности, управления, а также научной организации учебы и труда в целях формирования профессиональной пригодности сотрудников;

– составление аттестаций на сотрудников, представление руководству рекомендаций по рациональному распределению на должности с учетом уровня профессиональной пригодности;

– анализ отзывов о качестве учебы и службы сотрудников с последующей коррекцией системы профессионального отбора кандидатов на службу (учебу).

Важным для формирования профессиональной пригодности сотрудников является периодичность диагностики, включающей:

– обязательную диагностику, регламентированную по срокам нормативными документами;

– текущую (оперативную) диагностику;

– диагностику по необходимости, ситуации.

Диагностика индивидуальных характеристик профессиональной пригодности может осуществляться методом наблюдения в различных видах профессиональной подготовки и деятельности: в повседневной служебной и учебной деятельности; при текущем и итоговом контроле знаний, умений, навыков; в процессе занятий на кафедрах в процессе получения образования или переподготовки; при выполнении общественной работы и служебных поручений; при отработке специальных заданий, несении дежурств; в период назначения на новую должность; в период внедрения и апробации новых педагогических технологий.

Диагностируя уровень развития способностей и необходимых личностных характеристик, можно прогнозировать скорость и качество формирования необходимых для сотрудника ГПС МЧС России профессионально важных свойств и способностей.

Доказано наличие тесной связи профессиональных знаний, умений, навыков и личностных свойств сотрудников с успешностью их профессиональной деятельности. Эти личностные качества относятся к профессионально важным качествам [9,13].

Вместе с тем существует группа личностных качеств, являющихся общими для многих специальностей и видов деятельности. К числу этих качеств, прежде всего, относятся служебно-профессиональная направленность (мотивация), ответственность, интеллект, дисциплинированность, эмоционально-волевая и нервно-психическая устойчивость. Эти психологические качества во многом определяют эффективность труда и уровень профессионализма сотрудников ГПС МЧС России.

Особенность служебной деятельности требует от сотрудников ГПС МЧС России выдержки, самообладания, дисциплинированности, умения принимать правильные решения в быстро меняющейся обстановке, способность сохранять работоспособность при больших физических и нервно-психических нагрузках. Также необходим высокий уровень профессионализма, обеспечение которого достигается за счет формирования профессиональной, физической и психологической подготовленности. Эти компоненты являются базовыми основами профессионализма. Вместе с тем уровень профессионализма зависит и от оперативных компонентов, в число которых входит служебно-профессиональная, физическая и психологическая готовность к выполнению служебных задач в экстремальных условиях.

Основными показателями пригодности сотрудников ГПС МЧС России к служебной деятельности в экстремальных ситуациях являются:

– гражданская зрелость, понимание и осознание государственной и общественной важности задач, решаемых сотрудниками ГПС МЧС России, сознательное стремление к добросовестному выполнению учебного, служебного и гражданского долга;

– объем знаний, приемов, средств и способов достижения цели, наличие профессиональных умений и навыков действий при решении учебных и служебных задач;

– эмоциональная и нервно-психическая устойчивость к длительным напряженным нагрузкам, риску, опасности, умение управлять своими эмоциями, уверенность в своих силах;

– волевая устойчивость при принятии решений, способность брать на себя ответственность, быстро и точно действовать в экстремальных ситуациях, умение сохранять высокий уровень активности, инициативы, самостоятельности;

– умение ориентироваться и адекватно вести себя в сложной ситуации, адаптивность к изменяющимся условиям решения стоящих задач.

В целом установлено, что эффективность решения задач, стоящих перед Государственной противопожарной службой МЧС России, в значительной степени определяется теоретической разработкой и практическим решением проблем диагностики, учета и формирования профессиональной пригодности в процессе профессиональной подготовки сотрудников ГПС МЧС России. Успешная учебная и профессиональная деятельность зависит от уровня сформированности у обучающихся в вузах ГПС МЧС России (сотрудников ГПС) основных психологических компонентов профессиональной пригодности: мотивационного, волевого, когнитивного, регуляторного и типологического. В результате исследования автором были разработаны научные и методические основы организационно-кадрового и психолого-педагогического обеспечения формирования профессиональной пригодности сотрудников в процессе их подготовки в вузах ГПС МЧС России.

Литература

1. Артамонов В.С. Индивидуальная подготовленность обучаемых в образовательном учреждении: контроль и управление: монография. СПб., 1997.

2. Артамонов В.С. Основы теории автоматизации профессионального отбора в высшие военные и специальные учебные заведения. СПб.: С.-Петерб. юрид. ин-т, 1995.

3. Организация работы с кадрами Государственной противопожарной службы / В.С. Артамонов [и др.]. СПб., 2002.

4. Концепция кадровой политики МЧС России: приказ МЧС России от 19 мая 2004 г. № 225.

5. О совершенствовании воспитательной работы в системе МЧС России / Приказ МЧС России от 30 ноября 2005 г. № 859

6. Рыбников В.Ю. Психологическое прогнозирование надежности деятельности специалистов экстремального профиля: автореф. дис. … д-ра психол. наук. СПб.: СПбГУ, 2000.

7. Военная педагогика / под ред. О.Ю. Ефремова. СПб.: Питер, 2008.

8. Маклаков А.Г. Основы психологического обеспечения профессионального здоровья военнослужащих: дис. ... д-ра психол. наук. СПб., 1996.

9. Марищук В.Л. Психологические основы формирования профессионально значимых качеств: дис. … д-ра психол. наук. Л., 1982.

10. Марищук В.Л., Евдокимов В.И. Поведение и саморегуляция человека в условиях стресса. СПб.: Издат. дом «Сентябрь», 2001.

11. Никифоров Г.С. Надежность профессиональной деятельности. СПб., 1996.

12. Небылицин В.Д. Психофизиологические исследования индивидуальных различий. М.: Наука, 1976.

13. Рыбников В.Ю., Олешко В.А. Состояние здоровья и медико-психологическая коррекция психосоматических нарушений у ветеранов подразделений особого риска // Мед.-биол. и соц.-психол. пробл. безопасности в чрезв. ситуациях. 2007. № 2. С. 13–20.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Абрамян Г.А. – адъюнкт СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-97-95;

Багиев Георгий Леонидович – зав. каф. маркетинга СПб университета экономики и финансов (191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д. 25), тел. (812) 310-47-60, д-р экон. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Бельшина Юлия Николаевна – зам. нач. учебно-науч. компл. инж.-техн. эксп. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-86-28, e-mai: rio@igps.ru , канд. техн. наук;

Данилов Р.М. – препод. Дальневосточного юрид. института МВД России (680030, Хабаровский край, г. Хабаровск, пер. Казарменный, д.15), тел. (4212) 21-54-51;

Дементьев Федор Алексеевич – науч. сотр. учебно-науч. компл. инж.-техн. эксп. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-86-28;

Иванов Александр Юрьевич – проф. каф. приклад. матем. и информ. технол. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, e-mail: alexandr.y@mail.ru, д-р техн. наук, доц.;

Иванов Анатолий Николаевич – проф. каф. приклад. матем. и информ. технол. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, канд. техн. наук, доц.;

Ивахнюк Григорий Константинович – проф. каф. пож. безопас. и технол. проц. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 358-21-06, д-р хим. наук, проф, акад. МАНЭБ;.

Крутолапов Александр Сергеевич – нач. учебно-науч. компл. института доп. проф. образования СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 773-50-77, канд. техн. наук, доц.;

Ломаев Е.Н. – адъюнкт Академии ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Б. Галушкина, д. 4), тел. (495) 686-45-27, e-mail: info@academygps.ru;

Лаврухин Сергей Алексеевич − зам. нач. гос. учреждения «10 отряд федер. противопож. службы по Санкт-Петербургу, адъюнкт каф. физики и теплотехники СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 490-47-63, e-mail:lavruhin@mail.ru;

Лукьянченко А.А. – докторант Академии ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Б. Галушкина, д. 4), тел. (495) 686-45-27, e-mail: info@academygps.ru;

Медведева Людмила Владимировна – проф. каф. физики Военного инж.-техн. университета (193120, Санкт-Петербург, ул. Захарьевская, д. 22), тел. (812) 272-95-15, д-р пед. наук, доц.;

Минаев В.А. – проректор Российского нового университета (105005, Москва, ул. Радио, д. 22), тел. (495) 727-35-35, д-р техн. наук, проф.;

Мисевич Юлия Владимировна − зам. нач. каф. механики и инженер. графики СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 773-21-80, e-mail:MissJulli@yandex.ru;

Митрофанова Лидия Александровна – руковод. представительства СПб УГПС МЧС России в г. Выборге (188800, Ленинградская обл., г. Выборг, ул. Физкультурная, д. 17), тел. (81378)93-671, e-mail:edelweise@list.ru, канд. хим. наук, действит. член Нац. акад. туризма и Междунар. туристич. акад.;

Новоселов Роман Николаевич – нач. отделения управления пожаротуш. и аварийно-спасат. работ ГУ МЧС России по Санкт-Петербургу (Санкт-Петербург, ул. 9-я Красноармейская, д. 10), тел. (812) 718-26-70;

Панов Алексей Алексеевич – препод. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Полухин Олег Викторович – адъюнкт каф. исслед. и эксперт. пож. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 388-86-28;

Полынцов Сергей Александрович – СПб университет экономики и финансов (191023, Санкт-Петербург, ул. Садовая, д. 25), тел. (812) 310-47-60;

Поляков Александр Степанович – проф. каф. физики и теплообмена СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-70, д-р техн. наук, проф., засл. деят. науки РФ;

Пригульный Александр Геннадьевич − доц. каф. менеджмента СПб акад. управления и экономики (190103, Санкт-Петербург, Лермонтовский пр., д. 44), тел. (812) 251-75-22, канд. экон. наук;

Пусь Вячеслав Васильевич – проф. каф. экон. и менеджмента СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-69-76, д-р техн. наук, проф.;

Родичев Алексей Юрьевич – адъюнкт СПб университета ГПС МЧС России, (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Солнцев Владимир Олегович – нач. отдела кадров СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-44-49, канд. пед. наук, доц.;

Сугак Владимир Петрович – проф. каф. высш. матем. и систем. моделир. сложных проц. СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: vlsugak@yandex.ru, д-р воен. наук, канд. техн. наук, проф.;

Сычев Д.А. – адъюнкт СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-97-95;

Таранцев Александр Алексеевич – проф. каф. орг. пожаротуш. и провед. аварийно-спасат. работ СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail:t_54@mail.ru, д-р техн. наук, проф;

Турсенев Сергей Александрович − адъюнкт каф. пож. безопас. технологич. процессов и производств СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12;

Фаддеев А.О. – Академия федер. службы исполнения наказаний (390036, г. Рязань, ул. Сенная, д. 1), тел. (4912) 27-21-12, канд. физ.-матем. наук, доц.;

Федораев Сергей Витальевич – проф. каф. бух. учета и аудита СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-18-06, e-mail: rio@igps.ru, канд. экон. наук, доц.;

Федоров А.В. – Академия ГПС МЧС России (129366, Москва, ул. Б. Галушкина, д. 4), тел. (495) 686-45-27, e-mail: info@academygps.ru, д-р техн. наук, проф.;

Хорошилов Олег Анатольевич – докторант СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12, e-mail: rio@igps.ru, канд. техн. наук, доц.;

Шилин Кирилл Юрьевич – нач. каф. высш. матем. и систем. моделир. сложных проц. института доп. проф. образования СПб университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812)705-07-34, e-mail:kshilin@yandex.ru, д-р техн. наук.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

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

Сегодня университет является высшим учебным заведением федерального подчинения, имеющим статус юридического лица и реализующим профессиональные образовательные программы высшего, среднего, послевузовского и дополнительного образования.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках направления – «безопасность жизнедеятельности», вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, бюджетного учета и аудита в организациях МЧС, пожарно-технические эксперты и дознаватели. В 2007 году в Рособрнадзоре аккредитована специализация «Проведение проверок и дознания по делам о пожарах» в рамках специальности «Юриспруденция».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований, постоянный поиск оптимальных путей решения современных проблем позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня на 31 кафедре университета свои знания и огромный опыт передают 11 заслуженных деятелей науки РФ, 14 заслуженных работников высшей школы РФ, 2 заслуженных юриста РФ, заслуженные изобретатели РФ и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время в университете осуществляют: 2 лауреата Премии Правительства РФ в области науки и техники, 91 доктор наук, 222 кандидата наук, 84 профессора, 121 доцент, 14 академиков, 10 членов-корреспондентов, 5 почетных работника высшего профессионального образования РФ, 2 почетных работника науки и техники РФ.

Начальник университета – Артамонов Владимир Сергеевич, генерал-лейтенант внутренней службы, доктор военных наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, эксперт Высшей аттестационной комиссии Министерства образования и науки РФ по проблемам управления, информатики и вычислительной техники, член Аттестационной комиссии по вопросам присвоения ученых званий профессора и доцента по кафедре, лауреат Премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники.

В состав университета входят:

– институт дополнительного профессионального образования;

– институт заочного и дистанционного обучения;

– институт безопасности жизнедеятельности.

Три факультета:

– инженерно-технический;

– экономики и права;

– подготовки и переподготовки научных и научно-педагогических кадров.

Филиал университета: Сибирский филиал Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, г. Железногорск, Красноярский край.

Университет имеет представительства в других городах: Стрижевой (Томская обл.), Магадан, Мурманск, Алматы (Казахстан), Полярные Зори (Мурманская обл.), Махачкала, Выборг (Ленинградская обл.), Чехов (Московская обл.).

В университете созданы:

– учебно-методический центр;

– научно-исследовательский центр;

– центр информационных технологий и систем;

– учебно-научный центр инженерно-технических экспертиз;

– центр дистанционного обучения;

– экспертный центр;

– технопарк науки и инновационных технологий.

Университет осуществляет подготовку по программам высшего и среднего профессионального образования по следующим специальностям:

Специальность	Квалификация	Направление	Специализация	Предназначение
Пожарная безопасность	Инженер (старший техник)	Безопасность жизнедеятельности	Пожаротушение, государственный пожарный надзор	Органы управления и подразделения МЧС России
Психология	Психолог	Гуманитарные науки	Безопасность в ЧС	Психологическое обеспечение деятельности МЧС России
Юриспруденция	Юрист	Гуманитарные науки	Безопасность в ЧС Проведение проверок и дознаний по делам о пожарах	Законодательное и правовое регулирование в обеспечение деятельности МЧС России
Бухгалтерский учет, анализ и аудит	Экономист	Экономика и управление	Бухгалтерский учет, анализ и контроль в бюджетных и некоммерческих организациях	Бюджетный учет и учет в подразделениях МЧС России
Системный анализ и управление	Бакалавр техники и технологии	Автоматика и управление		Подразделения управления силами и средствами
Прикладная математика	Инженер-математик	Информатика и вычислительная техника	Информационные технологии в системе управления ГПС	Аналитические подразделения
Безопасность технологических процессов и производств	Инженер	Безопасность жизнедеятельности		Подразделения МЧС России по охране спец. Объектов и объектов национального достояния

Специальность	Квалификация	Направление	Специализация	Предназначение
Судебная экспертиза	Судебный эксперт	Гуманитарные науки	Инженерно-технические экспертизы	Дознание по делам о пожарах, испытательные пожарные лаборатории
Автомобили и автомобильное хозяйство	Инженер	Эксплуатация наземного транспорта и транспортного оборудования	Техническая эксплуатация автомобилей	Автомобильное хозяйство, автопарки МЧС России
Управление персоналом	Менеджер	Экономика и управление	Управление персоналом в Организациях МЧС России	Кадровой аппарат подразделения МЧС России
Государственное и муниципальное управление	Менеджер	Экономика и управление	Управление в ЧС	Организация управления в подразделениях МЧС России
Менеджмент организации	Менеджер	Экономика и управление	Менеджмент в материально-техническом обеспечении	Пожарно-технические центры, тыловые подразделения
Организация и технология защиты информации	Специалист по защите информации	Информационная безопасность	Защита информационных процессов в компьютерных системах и вычислительных сетях МЧС России	Обеспечение информационной безопасности в подразделениях МЧС России
Безопасность жизнедеятельности	Учитель безопасности жизнедеятельности	Образование и педагогика		Подготовка. Преподавателей учебных центров
Защита в чрезвычайных ситуациях	Инженер	Безопасность жизнедеятельности		Органы управления и подразделения МЧС России
Дополнительное образование				
На основе специальности «пожарная безопасность»	Переводчик в сфере профессиональной коммуникации	Безопасность жизнедеятельности		Органы управления и подразделения МЧС России

В университете действуют 6 диссертационных советов по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим, педагогическим, психологическим, юридическим и экономическим наукам.

В университете осуществляется подготовка научных и научно-педагогических кадров, в том числе и на возмездной основе. Подготовка докторантов, адъюнктов, аспирантов и соис-

кателей осуществляется по ряду специальностей технических, экономических, юридических, педагогических и психологических наук.

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

Ежегодно в университете проводятся международные научно-практические конференции, семинары и «круглые столы» по широкому спектру теоретических и научно-прикладных проблем, в том числе по развитию системы предупреждения, ликвидации и снижения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, совершенствованию организации взаимодействия различных административных структур в условиях экстремальных ситуаций и др. Совместные научные конференции и совещания на базе университета проводили Правительство Ленинградской области и Федеральная служба Российской Федерации по контролю за оборотом наркотических средств и психотропных веществ, научно-технический совет МЧС России и Высшая аттестационная комиссия Министерства образования и науки Российской Федерации, Северо-Западный региональный центр МЧС России, Международная ассоциация пожарных и спасателей (CTIF).

Вуз является членом Международной ассоциации пожарных «Институт пожарных инженеров», объединяющей более 20 стран мира. В настоящее время университет проводит совместные научные исследования с пожарно-техническими службами США по проблемам борьбы с огнем в условиях низких температур и отдаленных территорий, сотрудничает с Учебным пожарным центром г. Куопио (Финляндия), осуществляет проект по обмену курсантами и профессорско-преподавательским составом с пожарным департаментом г. Линдесберг (Швеция). Разработана и успешно осуществляется программа совместных действий по тушению пожаров на границе России и Финляндии. В целях объединения усилий научных работников и ведущих специалистов в области гражданской защиты для создания более эффективной системы подготовки высококвалифицированных кадров пожарных и спасателей по предупреждению и ликвидации чрезвычайных ситуаций, а также повышения уровня научно-исследовательской и педагогической работы в 2004–2005 гг. учебным заведением были подписаны соглашения о сотрудничестве с Государственным институтом Гражданской Защиты Французской Республики, университетом Восточного Кентукки (США), Центром исправительных технологий Северо-запада США, Государственной пожарной школой Гамбурга (Германия), учебными заведениями пожарно-спасательного профиля стран СНГ.

За годы существования университет подготовил более 1000 специалистов для пожарной охраны Афганистана, Болгарии, Венгрии, Вьетнама, Гвинеи-Бисау, Кореи, Кубы, Монголии, Йемена и других зарубежных стран. В 2008 г. по направлению Международной организации гражданской обороны в университете по программам повышения квалификации обучались сотрудники пожарно-спасательных служб Иордании, Бахрейна, Азербайджана, Монголии и Молдавии.

Компьютерный парк университета, составляет около 400 единиц, объединенных в локальную сеть. Компьютерные классы позволяют курсантам работать в международной компьютерной сети Интернет. С помощью сети Интернет обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса. Необходимая нормативно-правовая информация находится в базе данных компьютерных классов, обеспеченных полной версией программ «Консультант-плюс», «Гарант», «Законодательство России», «Пожарная безопасность». Для информационного обеспечения образовательной деятельности в университете функционирует единая локальная сеть.

Нарастающие сложность и комплексность современных задач заметно повышают требования к организации учебного процесса. Сегодня университет реализует программы обучения с применением технологий дистанционного обучения, приобретающими статус одной из равноправных форм обучения.

В настоящее время аудитории, в которых проходят занятия, оснащены телевизорами и техникой для просмотра методических пособий на цифровых носителях, интерактивными учебными досками. Библиотека университета соответствует всем современным требованиям: каждое рабочее место читального зала оборудовано индивидуальным средством освещения, в зале установлены компьютеры с возможностью выхода в Интернет, телевизоры и видеотехника для просмотра учебных пособий, произведена полная замена мебели. Общий фонд библиотек составляет сегодня более 320 тыс. экземпляров.

Библиотека выписывает свыше 100 наименований журналов и 15 наименований газет, в том числе обязательные, в соответствии с ГОСВПО. Университет активно сотрудничает с ВНИИПО МЧС России и ВНИИ ГОиЧС МЧС России, которые ежемесячно присылают свои издания, необходимые для учебного процесса и научной деятельности университета. В работе библиотеки используется автоматизированная библиотечная система ИРБИС, которая включена в единую локальную сеть университета.

Университет обладает современным общежитием для курсантов и студентов учебного заведения. В общежитии созданы интернет-кафе, видео-зал, зал для фитнеса.

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

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

Курсанты и слушатели университета имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей. Налажены связи с театрами и концертными залами города. В Санкт-Петербургском университете Государственной противопожарной службы МЧС России созданы все условия для подготовки высококвалифицированных специалистов, как для Государственной противопожарной службы, так и в целом для МЧС России.

АВТОРАМ ЖУРНАЛА «ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ТЕХНОСФЕРЕ»

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

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

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

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

в) ***электронной версией*** статьи, представленной в формате редактора Microsoft Word (версия не ниже 6.0). Название файла должно быть следующим:

Автор1_Автор2 - Первые три слова названия статьи.doc, например: **Иванов - Анализ существующей практики.doc**;

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

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

3. Оформление текста:

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

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

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

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

4. Оформление формул в тексте:

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

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

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

5. Оформление рисунков и таблиц:

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

б) если в тексте не одна таблица, то их следует пронумеровать (сначала пишется: Таблица 2,

на той же строке название таблицы полужирно, и далее следует сама таблица);

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

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

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

6. Оформление библиографии (списка литературы):

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

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

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5-2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

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

2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев, С.В. Шарапов, С.В. Тарасов, С.А. Кондратьев // Жизнь и безопасность. 2004. № 3–4. С. 134–137.

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

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

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

6. Белоус Н.А. Прагматическая реализация коммуникативных стратегий в конфликтном дискурсе // Мир лингвистики и коммуникации: электронный научный журнал. 2006. № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm (дата обращения: 15.12.2007).

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

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

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

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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

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

МЧС РОССИИ
Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы

Научно-аналитический журнал

Проблемы управления рисками в техносфере

№ 2 (14) – 2010

Подписной индекс № 16401 в «Каталоге российской прессы «Почта России» (ООО МАП)»

Свидетельство о регистрации

ПИ № ФС77-36404 от 20 мая 2009 г.

Главный редактор Е.Ю. Сычева
Компьютерная вёрстка В.Н. Виноградова

Подписано в печать 25.06.2010. Формат $60\times86_{1/8}$.
Усл.-печ. л. 18,0. Тираж 1000 экз.

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