

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

№ 2 (30) – 2019

Редакционный совет

Председатель – доктор химических наук, профессор, лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники **Ивахнюк Григорий Константинович**, заведующий кафедрой инженерной защиты окружающей среды Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).

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

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

Члены редакционного совета:

доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, директор Петербургского института ядерной физики им. Б.П. Константинова;

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат юридических наук, доктор педагогических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Грешных Антонина Адольфовна**, декан факультета подготовки кадров высшей квалификации Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Поляков Александр Степанович**, профессор кафедры физико-технических основ обеспечения пожарной безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

доктор технических наук, профессор, почетный работник науки и техники **Барбин Николай Михайлович**, ведущий научный сотрудник УрИ ГПС МЧС России, директор научно-исследовательского института физико-химических проблем и техносферной безопасности государственного аграрного университета;

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии Российской Федерации и премии Правительства

Российской Федерации в области науки и техники **Потапов Анатолий Иванович**, заведующий кафедрой «Приборы контроля и систем экологической безопасности» Северо-Западного государственного заочного технического университета Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат физико-математических наук, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Сильников Михаил Владимирович**, профессор кафедры горноспасательного дела и взрывобезопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России;

кандидат педагогических наук, доцент **Клюй Валерий Владимирович**, профессор кафедры организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России.

Секретарь совета:

капитан внутренней службы **Домничева Анастасия Вячеславовна**, редактор отделения предпечатной подготовки редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Редакционная коллегия

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

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

Члены редакционной коллегии:

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

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

кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Антюхов Валерий Иванович**, профессор кафедры системного анализа и антикризисного управления;

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

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

кандидат технических наук, доцент **Виноградов Владимир Николаевич**, инженер отдела планирования, организации и координации научных исследований центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

Секретарь коллегии:

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



СОДЕРЖАНИЕ

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

- Панфилова Л.Н., Троянов О.М.** Влияние процессов изменения климата Земли на здоровье населения планеты..... 5
- Кошелева Е.В., Остудин Н.В., Провоторов Р.С., Леденцов С.А.** Методика определения оптимального состава сил и средств МЧС России при оперативном реагировании на основе формализованного симплекс-метода..... 9

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

- Ивахнюк Г.К., Кожевникова Н.Ю., Коробейникова Е.Г.** 2019 год – год 150-летия открытия Периодического закона..... 16
- Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Пермяков А.А.** Численные методы решения уравнений распространения токсичных компонентов продуктов горения при пожаре в ограждениях..... 23
- Карташова А.П.** Актуальные проблемы разработки приборов оптического излучения для общего освещения пожаровзрывоопасных объектов 29
- Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В.** Исследование прочностных свойств наномодифицированного эпоксидного клея..... 34

ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

- Волик А.С., Речкин В.И., Хальченко Т.П.** Новые технологии получения воздушно-механической пены при тушении пожаров..... 39
- Лабинский А.Ю.** Нечеткий поиск текстовой информации..... 42
- Ручкин А.А., Медведева Л.В., Макаручук Г.В.** Химические реагенты, применяемые при обеспыливании дорог..... 46
- Кузьмина Т.А., Кузьмин А.А.** Структура информационного обеспечения практических занятий в вузах МЧС России..... 50
- Сведения об авторах** 57
- Информационная справка**..... 59
- Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты)** 64

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

ББК Ц.9.3.2
УДК 504+614.8(051.2)

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

ISSN 2307-7476

© Санкт-Петербургский университет Государственной
противопожарной службы МЧС России, 2019

МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА ЗЕМЛИ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ПЛАНЕТЫ

Л.Н. Панфилова;

О.М. Троянов, кандидат военных наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Показана взаимосвязь такой глобальной экологической проблемы, как увеличение средней температуры на нашей планете, вызванное повышением концентрации парниковых газов в атмосфере Земли, и здоровья людей. Раскрывается необходимость уменьшить негативное антропогенное воздействие на нашу планету, при этом подчеркивается, что лучше переоценить опасность, чем недооценить возможные последствия.

Ключевые слова: здоровье, здоровье человека, глобальное потепление, изменение климата, парниковый эффект, парниковые газы

THE IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON THE HEALTH OF THE WORLD'S POPULATION

L.N. Panfilova; O.M. Troyanov.

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

This article shows the relationship of such a global environmental problem as an increase in the average temperature on our planet caused by an increase in the concentration of greenhouse gases in The earth's atmosphere, and human health. It reveals the need to reduce the negative anthropogenic impact on our planet, while emphasizing that it is better to overestimate the danger than to underestimate the possible consequences.

Keywords: health, human health, global warming, climate change, greenhouse effect, greenhouse gases

Активную жизнедеятельность способен вести только здоровый человек.

Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) даёт следующее определение здоровью: это не просто отсутствие болезней и недугов, а состояние физического, психического и социального благополучия [1].

В Федеральном законе Российской Федерации от 21 ноября 2011 г. № 323 «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» указано, что здоровье – состояние физического, психического и социального благополучия человека, при котором отсутствуют заболевания, а также расстройства функций органов и систем организма (ст. 2, п. 1).

Однако это определение не может быть использовано для оценки здоровья на популяционном и индивидуальном уровне, так как в медико-санитарной статистике под здоровьем на индивидуальном уровне понимается отсутствие выявленных расстройств

и заболеваний, а на популяционном — процесс снижения уровня смертности, заболеваемости и инвалидности.

Наиболее распространенный показатель здоровья – ожидаемая продолжительность жизни.

Продолжительность жизни определяется следующими факторами: генетическим (20–25 %), образом жизни (50–55 %), окружающей средой (20–25 %), развитием медицины (10–15 %).

Существует ряд наиболее важных факторов, формирующих здоровье населения. Один из наиболее значимых – наследственный. Это генетически обусловленный фактор, формирующий наследственные заболевания – гемофилию, дальтонизм, атаксию, альбинизм, ювенильную миопатию, алкаптоурию и др.

Эндемический фактор раскрывает биогеохимические особенности местности, приводящие к возникновению эндемических заболеваний: флюороз, кариес зубов, эндемический зоб, уролитиаз, стронциевый и молибденовый рахит и др.

Природно-климатический фактор определяет те климатические зоны, в которых рост числа простудных заболеваний определяется температурой климатических зон: рост числа простудных заболеваний в зоне холодного климата и кожных заболеваний – в условиях жаркого климата.

Региональные особенности местности, приводящие к возникновению гепатита, холеры и других природно-очаговых инфекционных заболеваний – это эпидемиологический фактор.

Профессиональные – факторы производственного процесса, способные привести к развитию профессиональных заболеваний.

Социальные – питание, образ жизни, социальное благополучие.

Психоэмоциональные – обусловленные воздействием на человека экстремальных ситуаций: стихийных бедствий, аварий и катастроф, военных действий, террористических актов и других стрессовых ситуаций, если они по своей характеристике не могут быть отнесены к другим факторам, формирующим здоровье, например, к профессиональным.

Эндемические, эпидемиологические, природно-климатические, социальные и психоэмоциональные факторы так или иначе связаны с заявленной темой.

Глобальное потепление – это процесс, идущий с увеличением средней температуры на нашей планете. Вызван повышением концентрации углекислого газа, водяных паров, метана в атмосфере Земли [2].

По данным климатических наблюдений (в течение последних 200 лет) средние температуры на Земле повысились. И, хотя причины такого повышения все ещё являются предметом дискуссий, одной из наиболее широко обсуждаемых является антропогенный парниковый эффект. Антропогенное увеличение концентрации парниковых газов в атмосфере нарушает естественный тепловой баланс планеты, усиливает парниковый эффект, и, как следствие, вызывает глобальное потепление.

Это процесс медленный и постепенный. Так, за последние 100 лет средняя температура Земли увеличилась всего на 1 °С. Казалось бы, немного. Что же тогда вызывает тревогу мировой общественности и заставляет правительства многих стран принимать меры для уменьшения выбросов парниковых газов?

Во-первых, этого оказалось достаточно, чтобы вызвать таяние полярных льдов и повышение уровня мирового океана со всеми вытекающими последствиями.

А, во-вторых, некоторые процессы легче запустить, чем остановить. Например, в результате таяния вечномерзлых пород субарктики в атмосферу попадает огромное количество метана, что еще больше усиливает парниковый эффект. А опреснение океана из-за таяния льдов вызовет изменение теплого течения Гольфстрим, что скажется на климате Европы. Таким образом, глобальное потепление спровоцирует изменения, которые, в свою очередь, ускорят изменение климата, то есть была запущена цепная реакция.

Каким же будет влияние глобального потепления на человека?

Глобальное потепление в скором времени вызовет нехватку питьевой воды, засуху, рост числа инфекционных заболеваний. Увеличится смертность в результате наводнений, ураганов, смерчей, жары и засухи. Серьезным образом такая ситуация отразится на беднейших развивающихся странах.

В 2015–2016 гг. эффект Эль-Ниньо привел к потеплению водной массы в центральной и западной тропической части Тихого океана, что повлияло на жизнь более 60 млн чел., особенно жителей юга Африки, Африканского Рога, Латинской Америки, Карибского и Азиатско-Тихоокеанского регионов.

Эль-Ниньо вызывает сильную засуху, наводнения, дожди и повышение температуры, что негативно сказывается на продовольственной безопасности и приводит к возникновению различных проблем в области здравоохранения, включая вспышки болезней, неполноценное питание, тепловой стресс и респираторные заболевания [3].

Разрушение устоявшихся и привычных систем ведения сельского хозяйства под воздействием засух, нерегулярных осадков и т.д. может реально поставить на грань голода примерно 600 млн чел. К 2080 г. серьезную нехватку воды испытает 1,8 млрд чел. А в Азии и Китае из-за таяния ледников и изменения характера осадков может случиться экологический кризис.

Увеличение температуры на 1,5–4,5 °С приведет к подъему уровня океана на 40–120 см (по некоторым расчетам – до 5 м). Это означает затопление многих малых островов и наводнения в прибрежных территориях. На территориях, подверженным наводнениям, окажутся около 100 млн жителей, более 300 млн людей будут вынуждены мигрировать, исчезнут некоторые государства (например, Нидерланды, Дания, часть Германии).

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), такая ситуация может спровоцировать развитие малярии среди нескольких миллионов человек. Жизнь и здоровье людей на нескольких континентах может оказаться под угрозой из-за увеличения числа комаров на затопленных территориях и развития кишечных инфекций из-за нарушения водопроводно-канализационных систем.

Ежегодно океан высвобождает огромное количество углекислого газа. Это может привести к глобальному потеплению вслед за которым наступит глобальное похолодание. Сценарий разворачивающихся событий прост: пресная вода растаявших ледников «задавит» под собой течение Гольфстрим.

Плюсы в изменившемся климате

Учитывая насколько прогресс продвинулся вперед, увеличение температурных показателей можно использовать для повышения урожайности культурных растений, создавая им благоприятные условия. Но это будет возможно только в поясах с умеренным климатом.

К плюсам парникового эффекта можно отнести увеличение продуктивности естественных лесных биогеоценозов.

Глобальные последствия изменения климата

Какими будут последствия в мировом масштабе? Мнения учёных сходятся в следующих выводах:

- абсолютное перенаселение Земли и демографическое переуплотнение некоторых регионов, которое приведёт к яркому проявлению социальной разнополярности;
- ухудшение среды жизнеобитания в переуплотненных городах и мегаполисах;
- снижение производства продуктов может привести к голоду, особенно, малообеспеченных слоев населения;

– возможный переход от богатого минерального сырья к более бедным рудам. Такая политика приведёт к усилению дифференциации богатого и бедного населения планеты, возрастанию уровня вооруженности населения, криминализации, природных экологических катаклизмов;

– снижение иммунного статуса и состояния здоровья населения многих стран мира, включая Россию, многократное повторение эпидемий, имеющих все более массовый и тяжелый по последствиям характер;

– возможное повышение количество сердечно-сосудистых и других заболеваний.

Проблема глобального изменения климата, конечно же, затронет и политический вопрос. Возможно усиление конфликтов за право обладания источниками пресной воды. Климат станет более влажным, а распространение осадков будет неравномерным. Где влажность повышена, там количество осадков увеличится, а где недостаточно влаги, там увеличатся периоды засухи. Уровень моря повысится. Маленькие острова и прибрежные зоны будут затоплены. Среда обитания растений и животных может измениться гораздо быстрее, чем растения или животные приспособятся. Поэтому существует угроза вымирания около 30–40 % видов животных и растений. Это приведёт к разрушению значительных площадей экосистем.

Изменится соотношение видов в природных биоценозах. А переход от одного вида к другому сопровождается большим выделением углерода.

Произойдет уменьшение толщины и площади льдов. Площадь снежного покрова уже снизилась на 10 %.

Предгорным и горным районам грозят лавины и затопления. Будет наблюдаться значительное снижение запасов пресной воды, а также снижение уровня горных рек.

Сельское хозяйство в районах с умеренным климатом повысит свою урожайность, а в остальных районах возможен обратный эффект.

Снизится уровень осадков, что приведет к дефициту питьевой воды.

И, наконец, произойдет рост числа и тяжести чрезвычайных ситуаций, в том числе связанных с пожарами.

В настоящее время проблема глобального изменения климата в сторону потепления активно обсуждается в мировом масштабе и, в частности, в России. В том, что потепление существует, большинство ученых сегодня не сомневается – это стало очевидным фактом. Не сомневается большинство ученых и в том, что глобальное потепление климата вносит заметный негативный вклад в изменение здоровья населения.

В заключении отметим, что анализ и оценка потенциального воздействия изменения климата на здоровье людей пока очень сложная проблема, содержащая большую степень неопределенности. Высокая сложность решения этой проблемы обуславливается не только неопределенностью. Потепление климата все-таки можно считать относительно малым фактором риска для здоровья людей по сравнению с такими всем известными социальными проблемами, как алкоголизм, наркомания, курение, плохое питание, загрязнение окружающей среды и многие другие. При этом необходимо учесть, что преобладающие в настоящее время социальные проблемы ухудшения состояния здоровья людей повсеместно активно решаются и с высокой степенью уверенности можно предположить, что со временем они могут быть решены. Между тем, также с высокой степенью уверенности можно предположить, что с неблагоприятными последствиями изменения климата для здоровья человека придется иметь дело неопределенно долго.

Таким образом, изменение климата на Земле – это проблема не только сегодняшнего дня, но и, возможно, в большей степени – это проблема для детей и взрослых в отдаленном будущем.

Литература

1. Устав (Конституция) Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) от 22 июля 1946 г. URL: <http://docs.cntd.ru/document/901977493> (дата обращения: 22.05.2019).

2. Троянов О.М., Панфилова Л.Н., Рева Ю.В. Экология и экологическая безопасность: учеб. пособие для студентов, курсантов и слушателей / под общ. ред. Э.Н. Чижикова. СПб.: Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 2018. 100 с.
3. Эмили Беккер. По следам Эль-Ниньо // В мире науки. 2016. № 12. С. 74–84.

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА СИЛ И СРЕДСТВ МЧС РОССИИ ПРИ ОПЕРАТИВНОМ РЕАГИРОВАНИИ НА ОСНОВЕ ФОРМАЛИЗОВАННОГО СИМПЛЕКС-МЕТОДА

Е.В. Кошелева;

Н.В. Остудин, кандидат технических наук;

Р.С. Провоторов;

С.А. Леденцов.

Национальный центр управления в кризисных ситуациях

Представлены принципы расчета оптимального состава сил и средств МЧС России при реагировании на чрезвычайные ситуации и происшествия природного и техногенного характера на основе формализованного симплекс-метода. Данный метод решения оптимизационной задачи нелинейного программирования по сравнению с классическим симплекс-методом прост в понимании, но при этом не уступает в точности производимых расчетов. Для автоматизации процессов расчета оптимального состава сил и средств в работе проведена алгоритмизация и программная реализация составляющих полученной методики.

Ключевые слова: принятие решений, симплекс-метод, формализация, алгоритмизация, моделирование, оперативное управление, автоматизированное решение

THE METHOD OF SOLVING THE PROBLEM OF OPTIMAL DISTRIBUTION OF FORCES AND MEANS OF EMERCOM OF RUSSIA FOR OPERATIONAL RESPONSE BASED ON THE FORMAL SIMPLEX METHOD

E.V. Kosheleva; N.V. Ostudin; R.S. Provotorov; S.A. Ledentsov.
National crisis management centre

The article presents the principles of calculating the optimal composition of forces and means of EMERCOM of Russia in response to emergencies and accidents of natural and man-made on the basis of a formal simplex method. This method of solving the optimization problem of nonlinear programming in comparison with the classical simplex method is easy to understand, but it is not inferior to the accuracy of the calculations. To automate the processes of calculating the optimal composition of forces and means in the algorithmization and software implementation of the components of the obtained methods.

Keywords: decision-making, simplex method, formalization, algorithmization, modeling, operational management, automated solution

Проблематика существующей предметной области и общая постановка оптимизационной задачи

Вопрос определения оптимального состава сил и средств МЧС России при реагировании на оперативные события является чрезвычайно важным в условиях накладываемых ограничений на различные управляемые и неуправляемые характеристики,

такие как: время на принятие решений, количество пожарных частей в районе выезда, наличие специальной техники в данных частях, высотность зданий охваченных пожаров и т.д. По статистике неправильное распределение сил и средств занимает второе место в списке причин неэффективного реагирования и ликвидации последствий происшествия (рис. 1).



Рис. 1. Причины неэффективного реагирования и ликвидации последствий происшествия

Важным аппаратом при решении проблем, связанных с оптимальным распределением сил и средств при оперативном реагировании, является использование различных принципов системного анализа и оптимизационных методов, включая методы линейного и нелинейного программирования.

Важнейшей составной частью системного анализа и теории принятия решений являются методы оптимизации. Методы оптимизации позволяют формализовать процедуру поиска «лучшего» решения среди всех допустимых и рассчитать оценку эффективности этого решения [1].

При формальной постановке оптимизационной задачи основными являются понятия управляемых переменных, критериальной (целевой) функции и множества допустимых решений.

В общем виде постановка оптимизационной задачи сводится к отысканию целевой функции:

$$Z^* = \max_{(x_j)} (\min) Z(x_1, x_2, \dots, x_n),$$

при ограничениях:

$$q_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (=, \geq) b_1,$$

$$q_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (=, \geq) b_2,$$

.....

$$q_m(x_1, x_2, \dots, x_n) \leq (=, \geq) b_m,$$

$$x_j \geq 0, j = 1, 2, \dots, n.$$

Результат решения оптимизационной задачи есть число. Лицо, принимающее решение, вряд ли устроит рекомендация, выданная ему в виде таблицы, в которой отображены величина критерия эффективности, список переменных и их значений. Для него важно знать, как изменится решение при определенных изменениях исходной модели. Ответ на этот вопрос связан с решением некоторой совокупности задач. Эти задачи предназначены для

анализа влияния возможных изменений неуправляемых параметров на устойчивость полученного ранее решения, что придает решению определенную динамичность, которая более свойственна реальным операциям [1].

Методы оптимизации принято подразделять на методы решения статических задач и методы решения динамических задач. Статические задачи отличаются тем, что они не учитывают время. Тем не менее, они находят широкое применение во многих областях человеческой деятельности. В динамических задачах одним из входных параметров обязательно является время или некий его аналог. Это существенно расширяет область применения динамических задач, но делает их решение гораздо более трудоемким [1].

Задачи определения оптимального состава сил и средств традиционно относят к методам условной оптимизации с линейными ограничениями и целевой функции. Ограничения строго определены имеющимися ресурсами, которые не могут меняться в ходе ликвидации происшествия. Целевая функция также четко определена и отражает степень достижения конкретной цели – ликвидации последствий происшествия. Основными методами решения задач линейного программирования являются симплекс-метод и графический метод (рис. 2). Графический метод не может на 100 % гарантировать точность определения оптимального значения, что при установлении оптимального состава сил и средств является большим недостатком, поскольку лицу, принимающему решение, необходимо конкретное число привлекаемых подразделений. Поэтому целесообразно остановиться на симплекс-методе.

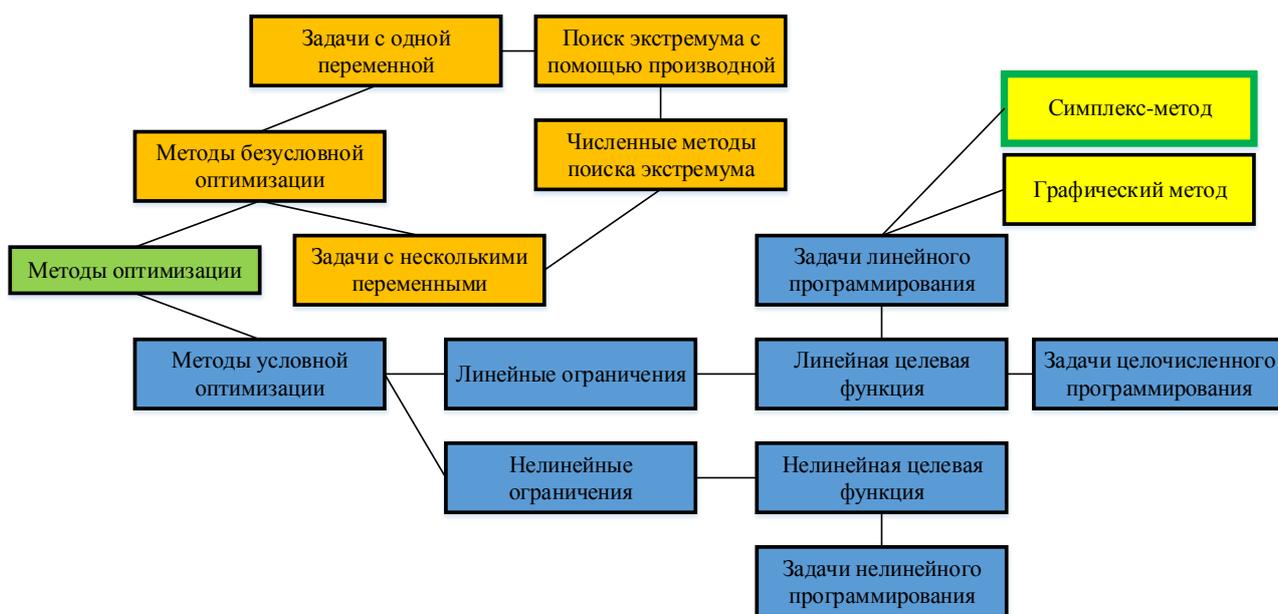


Рис. 2. Методы решения оптимизационных задач

Классический симплекс-метод содержит довольно большое количество сложных расчетов и массивных таблиц, поэтому в статье предлагается методика, основанная на формализованном симплекс-методе, который является упрощенной версией классического. При этом точность формализованного симплекс-метода сравнима с точностью классического.

Методика решения задачи оптимального распределения сил и средств МЧС России на основе формализованного симплекс-метода

Оптимальное распределение сил и средств МЧС России при ликвидации чрезвычайных ситуаций и происшествий может быть осуществлено на основе формализованного симплекс-метода решения оптимизационной задачи. Формализованный

алгоритм симплекс-метода состоит из двух основных этапов: 1) построение опорного плана; 2) построение оптимального плана.

Проиллюстрируем алгоритм на рассмотренном данном примере. Целевая функция (1) и система ограничений (2) имеет следующий вид:

$$Q(\bar{x}) = x_4 - x_5 \rightarrow \min \quad ; \quad (1)$$

$$\left. \begin{aligned} x_1 + x_4 - 2x_5 &= 1 \\ x_2 - 2x_4 + x_5 &= 2 \\ x_3 + 3x_4 + x_5 &= 3 \end{aligned} \right\} \quad ; \quad (2)$$

$$\bar{x} \geq 0 \quad .$$

Целевая функция может отражать конечную цель – ликвидацию происшествия с учетом минимизации материальных потерь, человеческих жизней и количества пострадавших. Ограничения могут быть связаны с ограниченным числом подразделений МЧС России, возможных для привлечения, экономические ограничения, ограничения на время прибытия к месту пожара и т.д.

В случае базисных переменных (x_1, x_2, x_3) начальная симплексная таблица для данного примера будет выглядеть следующим образом (табл. 1).

Таблица 1

	$-x_4$	$-x_5$	1
x_1	1	-2	1
x_2	2	1	2
x_3	3	1	3
$Q(\bar{x})$	-1	1	0

Она уже соответствует опорному плану $x^{-1} = (1 \ 2 \ 3 \ 0 \ 0)^T$ (столбец свободных членов).

Построение оптимального плана. Для того чтобы опорный план был оптимальным, при минимизации целевой функции необходимо, чтобы коэффициенты в строке целевой функции были неположительными (в случае максимизации – неотрицательными). То есть при поиске минимума необходимо освободиться от положительных коэффициентов в строке $Q(\bar{x})$.

Выбор разрешающего элемента. Если при поиске минимума в строке целевой функции есть коэффициенты больше нуля, то выбираем столбец с положительным коэффициентом в строке целевой функции в качестве разрешающего. Пусть это столбец с номером l .

Для выбора разрешающей строки (разрешающего элемента) среди положительных коэффициентов разрешающего столбца выбираем тот, для которого отношение коэффициента в столбце свободных членов к коэффициенту в разрешающем столбце минимально:

$$\frac{b_r}{a_{rl}} = \min \left| \frac{b_i}{a_{il}} \right| a_{il} \geq 0 \quad ,$$

где a_{rl} – разрешающий (направляющий) элемент; r – разрешающая строка.

Для перехода к следующей симплексной таблице (следующему опорному плану с меньшим значением целевой функции) делается шаг модифицированного жорданова исключения с разрешающим элементом a_{rl} .

Если в разрешающем столбце нет положительных коэффициентов, то целевая функция неограничена снизу (при максимизации – сверху).

Шаг модифицированного жорданова исключения над симплексной таблицей. На месте разрешающего элемента ставится 1 и делится на разрешающий элемент. Остальные элементы разрешающего столбца меняют знак на противоположный и делятся на разрешающий элемент. Остальные элементы разрешающей строки делятся на разрешающий элемент.

Все остальные элементы таблицы вычисляются по следующей формуле (табл. 2):

$$a_{ij} = \frac{a_{ij}a_{rl} - a_{rj}a_{il}}{a_{rl}} = a_{ij} - \frac{a_{rj}a_{il}}{a_{rl}}$$

Таблица 2

Итерация 1	$-x_4$	$-x_5$	1	Разрешающий элемент, который соответствует замене базисной переменной x_2 на небазисную переменную x_5
x_1	1	-2	1	
$\leftarrow x_2$	2	1	2	
x_3	3	1	3	
$Q(x)$	-1	1	0	
Итерация 2	$-x_4$	$-x_2$	1	Разрешающий элемент, который соответствует замене базисной переменной x_3 на небазисную переменную x_4
x_1	-3	2	5	
$\leftarrow x_5$	-2	1	2	
x_3	5	-1	1	
$Q(x)$	1	-1	-2	
Итерация 3	$-x_3$	$-x_2$	1	Все коэффициенты в строке целевой функции отрицательны, то есть найдено оптимальное решение
x_1	3/5	7/5	28/5	
$\leftarrow x_5$	2/5	3/5	12/5	
x_3	1/5	-1/5	1/5	
$Q(x)$	-1/5	-4/5	-11/5	

Таким образом, оптимальное значение целевой функции $Q(x) = -11/5$, при значениях $x_1=28/5$, $x_2=0$, $x_3=1/5$, $x_4=0$, $x_5=0$.

На основе разработанной математической модели, отражающей решение оптимизационной задачи при помощи формализованного симплекс-метода, разработана соответствующая блок-схема алгоритма, позволяющая перейти к программной реализации (рис. 4).

Для эффективного использования предложенного аппарата проведена программная реализация решения оптимизационной задачи на основе формализованного симплекс-метода (рис. 3).

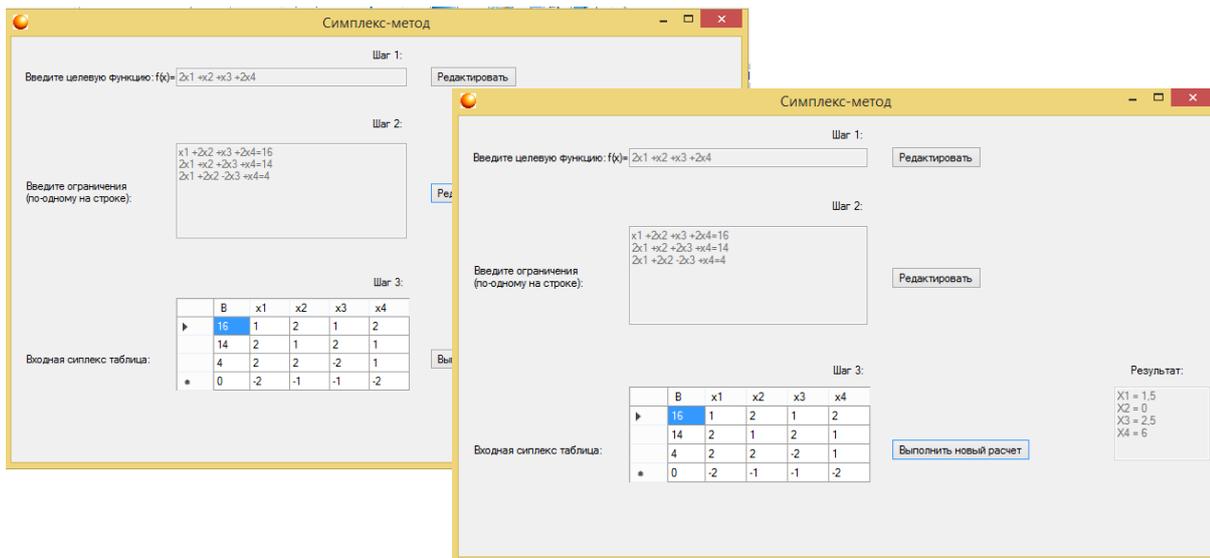


Рис. 3. Результаты программной реализации формализованного симплекс метода

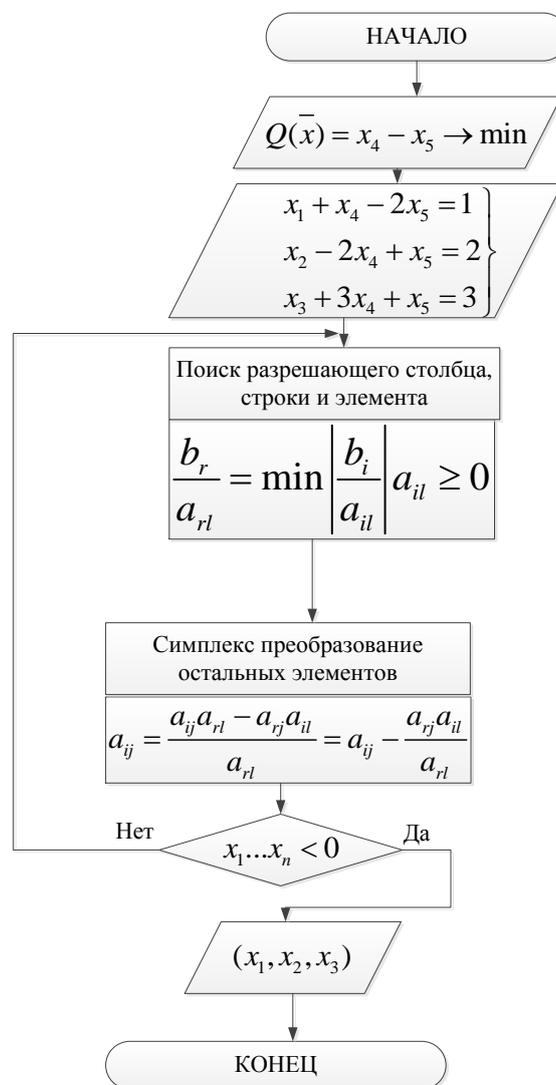


Рис. 4. Блок-схема алгоритма решения задачи оптимального распределения сил и средств МЧС России на основе формализованного симплекс-метода

Подводя итоги проделанной работы, можно сказать, что получены новые научные результаты, способствующие повышению эффективности распределения сил и средств МЧС России при оперативном реагировании на чрезвычайные ситуации и происшествия природного и техногенного характера. А именно, предложена методика и алгоритм решения задачи оптимального распределения сил и средств МЧС России на основе формализованного симплекс-метода.

Литература

1. Системный анализ и принятие решений / В.И. Антюхов [и др.]; под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2009. 389 с.
2. Остудин Н.В. Интеллектуальная поддержка должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России при решении задач обеспечения безопасности на транспорте // Транспорт России: проблемы и перспективы – 2015: материалы Юбилейной междунар. науч.-практ. конф. 2015. С. 227–231.
3. Остудин Н.В. Моделирование процесса интеллектуализации деятельности должностных лиц ЦУКС МЧС России // Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций. 2015. Т. 2. № 1 (4). С. 74–76.
4. Антюхов В.И., Остудин Н.В. Методика выявления и анализа проблемных вопросов в деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 1. С. 97–106.
5. Антюхов В.И., Остудин Н.В., Сорока А.В. Методика анализа информационной потребности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России. Природные и техногенные риски (физико-математические и прикладные аспекты). 2016. № 4 (20). С. 18–28.
6. Антюхов В.И., Остудин Н.В., Сорока А.В. Методика выявления перечня задач интеллектуальной поддержки деятельности должностных лиц центров управления в кризисных ситуациях МЧС России // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петерб. ун-та ГПС МЧС России». 2016. № 4. С. 63–76.
7. Онов В.А., Остудин Н.В., Сафонов Д.П., Иванов А.Ю. Модель информационной поддержки принятия решения при оценке деятельности сотрудников МЧС России. Пожаровзрывобезопасность. 2017. Т. 26. № 2. С. 5–13.



ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

2019 ГОД – ГОД 150-ЛЕТИЯ ОТКРЫТИЯ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ЗАКОНА

**Г.К. Ивахнюк, доктор химических наук, профессор;
Н.Ю. Кожевникова, кандидат химических наук, доцент;
Е.Г. Коробейникова, кандидат химических наук, доцент.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены основные вехи истории периодического закона и системы элементов Д.И. Менделеева, сущность периодичности изменения свойств элементов.

Ключевые слова: периодический закон Д.И. Менделеева, периодическая система, периодичность

2019 – THE YEAR 150TH ANNIVERSARY OF THE OPENING OF THE PERIODIC LAW

G.K. Ivakhnyuk; N.Yu. Kozhevnikova; E.G. Korobeynikova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The main milestones of the history of the periodic law and the system of elements of D.I. Mendeleev, the essence of the periodicity of changes in the properties of elements.

Keywords: the periodic law of D.I. Mendeleev, periodic system, periodicity

«...Вышеизложенное содержит далеко не все
то, что увидели до сих пор через телескоп
периодического закона и безграничной области
химических эволюций, и тем паче не все
то, что можно еще увидеть»
Д.И. Менделеев

Периодический закон был открыт Дмитрием Ивановичем Менделеевым 1 марта 1869 г. Именно в этот день всем известным ученым того времени была разслана работа «Опыт системы элементов, основанный на их атомном весе и химическом сходстве». А 18 марта 1869 г. ученик Д.И. Менделеева Н.А. Меншуткин на заседании Русского химического общества сделал доклад по материалам открытия.

Как и любое значительное научное открытие, периодический закон имеет свою предысторию. Открытию закона обычно предшествует накопление фактов, их изучение и обобщение.

Алхимикам были известны восемь элементов (медь, железо, серебро, золото, олово, свинец, ртуть, сера). В конце XVII в. было открыто уже 15 элементов, а в конце XVIII в. – около 30. В 1869 г., к моменту открытия Периодического закона, были известны 63 элемента.

Первая классификация химических элементов была основана на резко выраженных противоположных свойствах образуемых ими простых веществ: металлов и неметаллов [1].

Позднее было замечено, что существуют группы родственных по свойствам элементов, которые были названы естественными группами.

Так, в одну естественную группу были объединены литий, натрий, калий. Это все металлы с высокой химической активностью, обладают мягким металлическим блеском, мягкие, пластичные, хорошо проводят электрический ток и тепло.

Другая естественная группа, известная к тому времени – галогены (хлор, бром, йод) – типичные неметаллы, очень активные окислители.

Обнаружение естественных групп, сходных по свойствам элементов, явилось важным этапом классификации элементов. Но не была решена главная задача – классификация всех элементов: и сходных, и несходных по свойствам.

Над решением этой проблемы работали знаменитые химики того времени: немецкие ученые И.В. Доберейнер и Л. Мейер, англичанин Д. Ньюлендс, французский химик де Шанкуртуа. Список этих великих имен говорит о том, что вопрос о естественной классификации элементов стал вопросом номер один, а идея классификации витала в воздухе.

Древняя пословица гласит: «Всякая неудача отвращает, успех поощряет». Ее уместно вспомнить потому, что все попытки предшественников Д.И. Менделеева потерпели неудачу. А к попыткам классификации отношение было пренебрежительное.

Менделеев Д.И. пришел к открытию закона в результате сопоставления свойств и атомных масс разных естественных групп [2]. Какие же закономерности выявил ученый при объединении естественных групп элементов в таблицу?

Все элементы были распределены по горизонтальным рядам, называемым периодами, и восьми вертикальным колонкам, называемым группами (табл. 1).

Таблица 1. Первые пять периодов Периодической таблицы Д.И. Менделеева (1869 г.)

Период	Группы							
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	H							
2	Li	Be	B	C	N	O	F	
3	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	
4	K Cu	Ca Zn	* *	Ti *	V As	Cr Se	Mn Br	Fe Co Ni
5	Rb Ag	Sr Cd	Y In	Zr Sn	Nb Sb	Mo Te	* I	Ru Rh Pd

* – места элементов, которые предстояло открыть. Их свойства были предсказаны Менделеевым

В ряду Li–F происходит постепенное изменение свойств химических элементов. Так, литий – щелочной металл, активный, валентность I. Бериллий – двухвалентный металл, но менее активный. Бор – трехвалентный элемент, имеет слабо выраженные неметаллические свойства, но обладающий металлическим блеском. Углерод – четырехвалентный неметалл. Далее неметаллические свойства нарастают от азота к фтору.

Группа инертных газов в то время была еще не открыта.

Затем начинается новый период с натрия – очень схожего по свойствам с литием. В новом периоде повторяются те же закономерности, что в предыдущем.

Таким образом, изменение свойств химических элементов происходит по мере возрастания атомной массы не непрерывно в одном и том же направлении, а имеет периодический характер.

Первоначальная формулировка Периодического закона: «Свойства простых тел, а также форма и свойства соединений находятся в периодической зависимости от величины атомных весов элементов».

Кроме формулировки закона и составления первого варианта периодической системы Д.И. Менделеевым были сделаны некоторые примечания.

Пункт 6. Это закон позволяет предвидеть открытие еще многих новых элементов.

Менделеев Д.И. предсказал существование более 20 элементов, а некоторые подробно описал (табл. 2).

Таблица 2

Свойства экасилиция	Свойства германия
Предсказаны Д.И. Менделеевым в 1871 г.	Открыт Клеменсом Винклером в 1886 г.
Атомная масса ~ 72	Атомная масса 72,6
Серый тугоплавкий металл	Серый тугоплавкий металл
Плотность ~ 5,5 г/см ³	Плотность 5,35 г/см ³
Оксид имеет формулу ЭО ₂	Формула оксида GeO ₂
Плотность оксида 4,7 г/см ³	Плотность оксида 4,7 г/см ³
Хлорид ЭСl ₄ с плотностью 1,9 г/см ³	Хлорид GeCl ₄ с плотностью 1,89 г/см ³

В 1886 г. К.А. Винклер пишет Д.И. Менделееву: «Уведомляю Вас о новом триумфе Вашего гениального исследования и свидетельствую Вам свое почтение и глубокое уважение».

Так же точно были предсказаны свойства скандия (экабора), галлия (экаалюминия) и других элементов.

Пункт 7. Некоторые атомные веса, вероятно, должны быть исправлены.

В то время атомная масса бериллия была определена как 13,5. Менделеев предположил, что она должна составлять ~9. Более точное определение атомной массы бериллия показало 9,01.

Аналогично была исправлена атомная масса урана, в то время определенная как 130. Менделеев высказал мнение, что атомная масса этого элемента должна быть увеличена примерно в два раза. Действительно, атомная масса урана составляет 238.

Периодическая система элементов – это графическое изображение периодического закона. В настоящее время предложено около 400 вариантов периодической системы. Наиболее распространены два из них: короткий и длинный варианты.

Все элементы в периодической системе располагаются в порядке возрастания атомных масс.

Каждый элемент был пронумерован и его стали называть порядковым или атомным.

Также в таблице были выделены горизонтальные и вертикальные ряды.

Периодами предложили называть горизонтальные ряды, в которых элементы расположены в порядке возрастания их атомных номеров и последовательного изменения свойств, и выделили семь периодов:

1, 2, 3 считали малыми или типическими;

4, 5, 6 – большими;

7 – незаконченный.

Во главу каждого периода ставили щелочной металл и заканчивали его инертным газом.

Группами предложено было обозначить вертикальные ряды, в которых элементы обладают сходными химическими свойствами. Периодическая система состоит из восьми групп. Каждая, из которых делится на подгруппы: главную и побочную. Например, так выглядела IV группа:

IV группа	
	C
	Si
Ti	Ge
Zr	Sn
Hf	Pb
Ku	

Типические элементы 1–3 периодов и сходные с ними по свойствам элементы 4–7 периодов образуют главную подгруппу. В главную подгруппу входят только s- и p-элементы. В IV группе в главную подгруппу входят C, Si, Ge, Sn, Pb. Считали, что побочную подгруппу образуют d- и f-элементы. В побочную подгруппу предложили включать только металлы. В побочную подгруппу IV группы включили Ti, Zr, Hf, Ku.

Номер группы свидетельствовал о максимальной валентности элемента.

Научная драма об открытии Периодического Закона была бы не полной без упоминания о роли великого британского ученого Джона Александра Ньюлендса [3].

История его карьеры – печальная иллюстрация того факта, что в науке недостаточно одной лишь хорошей идеи. Для получения признания ее необходимо подкрепить достаточными доказательствами. Исследования Д.А. Ньюлендса являются примером опасности использования неадекватной номенклатуры.

Ньюлендс Д.А., сын шотландского священника, окончил университет в г. Глазго. От своей матери, итальянки по происхождению, он унаследовал любовь к музыке и пылкий нрав, приведший его в 1860 г. в ряды борцов за независимость Италии под руководством Гарибальди. По возвращении в Англию Д.А. Ньюлендс завершил химическое образование и стал работать химиком-аналитиком в промышленности. Его репутация химика была основана на работе в качестве эксперта в сахарной промышленности, однако любимым делом Д.А. Ньюлендса всю жизнь оставалась химическая периодичность.

Вершиной занятий Д.А. Ньюлендса периодичностью было представление 1 марта 1866 г. Лондонскому химическому обществу «закона октав». Ньюлендс Д.А. ожидал шумного успеха, но был встречен равнодушно и оскорблен плоским юмором. Журнал химического общества (Journal of the Chemical Society) отверг статью, являющуюся основой его доклада. Отчет о заседании общества приводится в Chemical News, 13, 113 (1866):

«М-р Джон Ньюлендс зачитал статью, озаглавленную «Закон октав и причины численных соотношений между атомными весами». Автор заявил об открытии им закона, согласно которому элементы, аналогичные по своим свойствам, связаны особыми соотношениями, подобными существующим в музыке между произвольной нотой и ее октавой. Исходя из атомных весов элементов в шкале Канниццо, автор располагает известные элементы в определенной последовательности, начиная с элемента с минимальным атомным весом (водород) и кончая торием (атомный вес 231,5), однако он помещает никель и кобальт, платину и иридий, церий и лантан и т.д. как абсолютно сходные элементы в одной и той же строке. Расположенные таким образом пятьдесят шесть элементов охватывают восемь октав, и автор отмечает, что в результате хлор, бром, иод и фтор оказываются на одной строке, то есть занимают аналогичные места в его таблице. Азот и фосфор, кислород и сера и т.д. также рассматриваются как элементы, образующие подлинные октавы. Предположения автора иллюстрируются таблице, представленной на заседании общества (рис.).

H	1	F	8	Cl	15	Co и Ni	22	Br	29	Pd	36	I	43	Pt и Ir	50
Li	2	Na	9	K	16	Cu	23	Rb	30	Ag	37	Cs	44	Os	51
G ^a	3	Mg	10	Ca	17	Zn	24	Sr	31	Cd	38	Ba и Va	45	Hg	52
B	4	Al	11	Cr	18	Y	25	Ce и La	32	U	39	Ta	46	Tl	53
C	5	Si	12	Ti	19	In	26	Zr	33	Sn	40	W	47	Pb	54
N	6	P	13	Mn	20	As	27	Di ^a и Mo	34	Sb	41	Nb	48	Bi	55
O	7	S	14	Fe	21	Se	28	RO и Ru	35	Te	42	Au	49	Th	56

**Рис. Расположение элементов по октавам по Ньюлендсу.
Принятые в это время обозначения: G^a – глюциний (бериллий); D_i^a – дидимий**

Д-р Гладстон сделал замечание по поводу того, что в таблице не оставлено свободных мест для новых элементов. За последние четыре года были открыты таллий, индий, цезий и рубидий, и теперь открытие очередного элемента заставит отказаться от всей системы Ньюлендса. Оратор придает аналогии, существующей между металлами, помещенными в последнюю вертикальную колонку, не меньшее значение, чем аналогии между элементами, стоящими в одной горизонтальной линии.

Профессор Дж. Фостер шутливо спросил у м-ра Ньюлендса, исследовали ли он элементы, расположив их в алфавитном порядке, по заглавным буквам названий? Ибо, как полагает профессор, при любом расположении элементов должно обнаружиться случайное сходство, но он отвергает такое расположение, при котором марганец и хром оказываются столь далеко друг от друга, а железо так далеко от никеля и кобальта.

М-р Ньюлендс ответил, что он опробовал несколько других схем, прежде чем пришел к предлагаемой в настоящий момент. Одну из них, основанную на удельном весе элементов, пришлось полностью отвергнуть, а между атомными весами удастся установить взаимосвязь только в том случае, если они определены по шкале Канниццаро».

Вот как выглядела эта история. Иногда говорят, что Ньюлендсу задавали вопросы об «аккордах и арпеджио», но на самом деле его спрашивали только об алфавитном порядке. Однако недоверие было совершенно очевидным, а незадачливая музыкальная аналогия сделала идеи Ньюлендса больше похожими на магию, чем на науку. Отсутствие места для новых элементов и помещение по два элемента в некоторые места таблицы были серьезными недостатками. По-видимому, главным достоинством схемы, предложенной Менделеевым, было введение больших периодов после двух первых, содержащих по восемь элементов. Менделеев подкреплял свою таблицу очень большим числом химических доказательств, а также прославившими его предсказаниями новых элементов и их химических свойств. Он, несомненно, заслужил репутацию одного из создателей периодической системы элементов.

Но, тем не менее, Ньюлендс продолжал борьбу за признание своего приоритета. Публиковал статью за статьей в журнале Chemical News, сначала продолжая совершенствовать свою таблицу, а затем, приветствуя появившуюся в 1869 г. таблицу Менделеева, которую рассматривал как подтверждение собственной гипотезы. Спустя семь лет после того, как журнал британского химического общества (Journal of the Chemical Society) отверг его сообщение 1866 г., президент Лондонского химического общества д-р У. Одлинг дал своеобразное разъяснение причин отказа. Он утверждал, что статья Д. Ньюлендса не была опубликована лишь потому, что общество «поставило себе за правило не публиковать статьи чисто теоретического характера, поскольку это могло вызвать обильную корреспонденцию в порядке дискуссии».

В 1884 г. Д. Ньюлендс издал в виде книги практически все свои статьи и документально оформил претензии на приоритет открытия периодической системы на страницах Chemical News в виде заявки Немецкому химическому обществу. По-видимому, руководствуясь

угрызениями совести, Королевское общество Великобритании присудило ему в 1887 г. медаль им. Дэви, спустя пять лет после того, как оно наградило этой же медалью Д.И. Менделеева.

Основой создания Периодической Системы в трудах большинства ученых, так или иначе имевших к этому отношение, служила гипотеза периодичности [4].

Периодичность усматривается в повторении строения внешних энергетических уровней изучаемых элементов.

Аналогичные особенности наблюдаются и в периодическом изменении свойств элементов:

– Радиус атома.

Радиус атома в основном определяется радиусом внешних орбиталей. В периодах радиус атомов уменьшается, что объясняется ростом сил электростатического взаимодействия. С увеличением номера периода радиусы растут, так как увеличивается число электронных уровней.

– Энергия ионизации.

Энергия ионизации (энтальпия ионизации) – I , V – это энергия, необходимая для отрыва электрона от атома.

Минимальную энергию ионизации имеют атомы щелочных и щелочноземельных металлов (I и II групп). Они имеют по 1–2 валентных электрона, которые легко отрываются от ядра.

С увеличением номера группы энергия ионизации постепенно возрастает, так как заряд ядра увеличивается, а прибавляющийся на каждом этапе электрон лишь частично экранирует остальные электроны от растущего заряда ядра.

Максимальное значение энергии ионизации имеют благородные газы, так как их завершённые электронные оболочки очень устойчивы.

В группе энергия ионизации уменьшается с увеличением номера периода (с увеличением радиуса атома), так как валентные электроны хорошо экранированы от ядра внутренними оболочками.

Чем меньше энергия ионизации, тем более сильными металлическими свойствами обладает элемент.

– Сродство к электрону.

Сродство к электрону (энтальпия присоединения электрона) – E , V – энергия, которая выделяется при присоединении электрона к атому.

Максимальное сродство к электрону имеют атомы галогенов (VII группа) и атомы элементов VI группы. Характер изменения сродства к электрону в группе и в периоде противоположен характеру изменения энергии ионизации.

– Электроотрицательность.

Небезынтересно, что понятие электроотрицательности было введено в 1932 г. американским ученым Л. Полингом (дважды лауреатом Нобелевской премии).

Электроотрицательность χ характеризует способность атома притягивать электроны при образовании соединений. Полинг Л. произвольно принял значение электроотрицательности атома водорода 2,1, а затем составил шкалу относительных электроотрицательностей элементов.

Электроотрицательность уменьшается сверху вниз в группе для типичных элементов, и увеличивается слева направо в периоде.

Периодичность изменения свойств в группах и периодах иллюстрируется табл. 3.

Таблица 3. Периодичность изменения свойств

Свойства	Изменение свойств	
	в группах	в периодах
Энергия ионизации	↓	←
Металлические свойства	↓	←

Сродство к электрону		→
Неметаллические свойства		→
Способность терять (восстановительные свойства)	↓	←
Способность приобретать (окислительная активность)		→
Электроотрицательность		→
Радиус атома	↓	←

* стрелка → показывает направление увеличения

Современная формулировка Периодического закона

Свойства элементов, а также свойства их соединений находятся в периодической зависимости от величины заряда их атомных ядер.

Таким образом, идея о периодичности должна была найти подтверждение при описании других характеристик элементов, слагающих Материю. Авторы постараются показать это на примере их токсичности, определяющей уровень безопасности обращения с веществами и изделиями [5].

Хотя почти все неорганические соединения, в зависимости от дозы и продолжительности воздействия, в известной мере обладают определенными физиологическими и фармакологическими свойствами и порою могут быть очень ядовитыми, все же обычно их токсические свойства выражены не столь сильно, как в случае органических ядов. Ядовитые соединения при условии достаточной растворимости в воде могут служить для заражения некоторых продуктов питания и воды. Более трудно растворимые соединения могут быть использованы для отравления муки и других продуктов. Так, трехокись мышьяка может быть использована для заражения муки, а различные соли свинца и ртути (II) – для заражения сахара и поваренной соли.

Токсическое действие подобного рода ядов начинает проявляться уже в пищеварительном тракте. Для этого необходимо, чтобы эти вещества в достаточных количествах резорбировались стенками желудка и кишечника.

Вещества, не обладающие такими свойствами, при пероральном приеме очень быстро выводятся из организма в неизменном виде, как например соединения ртути (I) и стронция. В общем, существует известная корреляция между пероральной токсичностью неорганических соединений и их растворимостью в воде.

Другим условием пероральной токсичности неорганических соединений является их способность к ионизации. Вообще, для того чтобы быть эффективными, они должны существовать в ионной форме. Носителями отравляющего действия на исполнительный орган являются как катионы, так и анионы.

Установлено, что показатель токсичности катионов также периодически изменяется в зависимости от порядковых номеров элементов и соответствующих им окислительно-восстановительными потенциалов.

Сравнительно неядовитые катионы – это катионы металлов с сильно отрицательным окислительно-восстановительным потенциалом. Самые опасные представители находятся среди катионов металлов с положительным нормальным потенциалом.

Необходимость и перспективность установления периодичности как ингибирующих, так и катализирующих свойств отдельных элементов периодической системы Д.И. Менделеева, важна для повышения эффективности огнетушащего действия в пожаротушении, а так же в военном деле для ускорения детонационных превращений.

Несомненно, гипотеза Д.И. Менделеева о периодичности (цикличности) свойств элементов найдет подтверждение и в пожарно-техническом деле. Например, в прогнозировании

ингибирующих реакций окисления (дефлаграция и детонация), возможностях элементов VII группы Периодической системы, выявлении аналогичных закономерностей в ряду В, Р, Си и поиске обладающих аналогичным действием других элементов.

В конце прошлого года Организация Объединенных Наций приняла специальную резолюцию, посвященную науке, технологии и инновациям, и провозгласила 2019 г. Международным годом Периодической таблицы химических элементов.

Это масштабное событие посвящено 150-летию открытия Периодического закона химических элементов великим русским ученым Д.И. Менделеевым.

Вместо эпилога уместны будут слова:

Часто имеет еще большее значение, с какими
И в положение каком войдут в сочетание те же
Первоначала и как они двигаться будут взаимно,
Те же начала собой образуют ведь небо и землю,
Солнце, потоки, моря, деревья, плоды и животных,
Но и смещения их и движения в разном различны.
Лукреций. О природе вещей.

Литература

1. Дикерсон Р., Грей Г., Хейт Дж. Основные законы химии: в 2-х т. М.: Мир, 1982. 652 с., 620 с.
2. Соловьев Ю.И. История химии: Развитие химии с древнейших времен до конца XIX. 2-е изд. М.: Просвещение, 1983. 368 с.
3. Макареня А.А., Трифонов Д.Н. Периодический закон Д.И. Менделеева. М.: Просвещение, 1969. 160 с.
4. Франке З. Химия отравляющих веществ: в 2-х ч.: пер. с нем. М.: Химия, 1973. 440 с.
5. Химия. Курс лекций / Е.Г. Коробейникова [и др.] / под ред. В.С. Артамонова. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2011. 424 с.

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ УРАВНЕНИЙ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ В ОГРАЖДЕНИЯХ

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

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

А.А. Пермяков, кандидат педагогических наук.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Исследована роль турбулентной диффузии в распространении токсичных компонентов продуктов горения на пожаре в ограждениях. Предложено аппроксимировать исходное дифференциальное уравнение со вторым порядком точности по пространственным переменным и по времени. Произведена оценка возможности использования монотонной схемы Ван Лира и нелинейной схемы Фромма при численном моделировании процесса переноса токсичных компонентов продуктов горения на пожаре. Проанализированы условия получения устойчивого решения дифференциального уравнения турбулентной диффузии, а также сформулировано содержание этапов реализации вычислительного алгоритма решения дискретных аналогов такого уравнения.

Ключевые слова: продукты горения, токсичные компоненты, молекулярная диффузия, турбулентная диффузия, численное моделирование, конечно-разностная аппроксимация, увязка участков системы

NUMERICAL METHODS FOR COMBUSTION PRODUCTS TOXIC COMPONENTS DISTRIBUTION IN CLOSED FIRE EQUATIONS SOLVING

A.A. Kuzmin; N.N. Romanov; A.A. Permyakov.

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

We researched the impact of turbulent diffusion on the combustion products toxic components distribution in closed fire. We proposed to approximate the original differential equation with the second order of accuracy in spatial variables and in time. We assessed possibility of the monotone Van Leer scheme and the non-linear Fromm scheme using in numerical simulation of the process of combustion products toxic components transfer in a fire. We analyzed conditions for obtaining a stable solving of the turbulent diffusion differential equation, and formulated the content of the implementation stages of the computational algorithm for discrete analogues solving of such an equation.

Keywords: combustion products, toxic components, molecular diffusion, turbulent diffusion, numerical simulation, finite difference approximation, linking system sections

Одним из методов решения актуальных проблем при проектировании систем обеспечения безопасной эвакуации персонала в условиях пожара считается использование математического моделирования для оценки изменчивости газовых и аэрозольных компонентов в составе атмосферы помещения, а также оценка влияния токсичных компонентов продуктов горения на воздушную среду. Она представляет собой сложную динамическую систему, в которой протекают различные динамические и физико-химические процессы. Ход подобных процессов обусловлен как перемещением продуктов горения, так и изменением состава газовых примесей и их аэрозольных компонентов. К основным процессам, определяющим развитие пожара, относятся химические и фотохимические реакции, которые могут протекать как в газовой, так и жидкой фазах. Кроме того, необходимо учитывать продукты кинетических процессов образования и трансформации аэрозольных частиц. Взаимосвязанность протекания всех этих процессов обуславливает целесообразность формирования единой модели, степень детализации которой определит ее пространственно-временной масштаб [1].

В современной литературе предлагаются интересные решения задач, связанных с экологическими проблемами в части оценки распределения реакционно-способных частиц в земной атмосфере, объем которой в рамках решаемых задач принимается неограниченным. Представляется актуальным использование уже существующих разработок в части применения имеющихся численных методов для оценки обстановки на пожаре, когда объем исследуемого пространства ограничен поверхностями ограждающих конструкций.

Многие процессы трансформации состава продуктов горения протекают на пожаре в ходе развития турбулентных процессов. Поэтому решение задачи о распространении токсичных компонентов предполагает воспроизводство пространственно-временной изменчивости полей скоростей и характеристик турбулентности газовой среды в ограждениях совместно с гидродинамической моделью закрытого пожара.

Используя известный закон сохранения массы применительно к процессу протекания бесконечно малого объема жидкости, можно получить уравнение неразрывности протекающего потока:

$$\frac{\partial \rho}{\partial \tau} + \rho \cdot (\nabla \cdot w) = 0,$$

где ρ – плотность продуктов горения; w – вектор скорости потока продуктов горения.

Аналогично второй закон Ньютона лежит в основе уравнения количества движения потока продуктов горения:

$$\frac{\partial(\rho \cdot w)}{\partial \tau} + \nabla \cdot \rho \cdot w = \rho \cdot g + \nabla \cdot \Pi_{i,j},$$

где g – ускорение свободного падения; Π_{ij} – тензор напряжений, который в индексных обозначениях можно представить в виде:

$$\Pi_{i,j} = -P \cdot \delta_{ij} + \mu \left[\left(\frac{\partial w_i}{\partial y} + \frac{\partial w_j}{\partial x} \right) - \frac{2}{3} \cdot \delta_{i,j} \cdot \frac{\partial w_k}{\partial z} \right],$$

где P – давление продуктов горения; δ_{ij} – символ Кронекера; μ – коэффициент динамической вязкости продуктов горения.

Отсюда уравнение Навье-Стокса можно записать в виде:

$$\rho \cdot \frac{dw}{d\tau} = \rho \cdot g - \nabla p + \frac{\partial}{\partial y} \left[\mu \cdot \left(\frac{\partial w_i}{\partial y} + \frac{\partial w_j}{\partial x} \right) - \frac{2}{3} \cdot \delta_{i,j} \cdot \frac{\partial w_k}{\partial z} \right]. \quad (1)$$

В настоящий момент основное направление в применении численных методов расчета параметров перемещения продуктов горения состоит в решении системы осредненных уравнений Навье-Стокса, которую необходимо дополнить выражением, позволяющим оценить приток тепла от пожара [2]. Такое выражение можно считать дифференциальной формой первого закона термодинамики для сплошных сред и представляется в виде:

$$c_p \cdot \frac{dT}{d\tau} - \frac{R \cdot T}{P} \cdot \frac{dP}{d\tau} = \frac{\varepsilon}{\rho},$$

где T – абсолютная температура продуктов горения; c_p – удельная изобарная теплоемкость продуктов горения; R – газовая постоянная продуктов горения.

Вихревое перемещение мелкогазовых компонентов продуктов горения может быть объяснено развитием процесса турбулентной диффузии. Мелкомасштабное турбулентное перемешивание продуктов горения по мере развития пожара сопровождается переносом образующегося в процессе пожаротушения водяного пара, токсичных компонентов продуктов горения, выделенного в результате горения пожарной нагрузки тепла, а также диффузией этих субстанций из зон с их высокой концентрацией в зоны с более низкой концентрацией. Это можно объяснить наличием естественного стремления сгладить градиенты полей распределения термодинамических параметров и примесей на пожаре. Процессы турбулентной диффузии играют главенствующую роль, это обусловлено тем фактом, что весь образующийся водяной пар, значительный процент тепловой энергии и разнообразные компоненты продуктов горения перемещаются от обогреваемой поверхности ограждающей конструкции в окружающую среду под воздействием турбулентности газовых потоков. При этом могут наблюдаться процессы последовательного распада каждого турбулентного вихря на группу более мелкомасштабных вплоть до беспорядочного движения единичных молекул продуктов горения, которое, в конечном смысле, является наименьшим из возможных вихрей, а броуновское движение отдельных молекул является нижним пределом турбулентного движения внутри наименьшего мелкомасштабного вихря. Процесс взаимодействия двигающихся молекул продуктов горения вызывает их перенос внутри отдельных вихрей, что квалифицируется как молекулярная диффузия, а смешивание отдельных мелкомасштабных вихрей продуктов горения с атмосферным воздухом вне зоны пожара вызывает их перенос вследствие турбулентной диффузии.

Однородность турбулентного потока предполагает одинаковость структуры вихрей по всему перемещаемому объему продуктов горения. Даже если наблюдается определенная расслоенность потока в вертикальном канале, то она может сохраниться на горизонтальном участке канала дымоудаления. Турбулентность потоков продуктов горения может считаться изотропной, если его статистические характеристики остаются постоянными безотносительно направления движения. Если градиенты скорости и потоки импульса остаются минимальными, то такой поток считается изотропным, тем не менее, его турбулентность вызывает перенос водяного пара и токсичных компонентов продуктов горения внутри газового потока.

Для моделирования переноса токсичных компонентов продуктов горения необходимо рассмотреть уравнение турбулентной диффузии, которое получится при осреднении уравнения молекулярной диффузии:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} + w_x \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial x} + w_y \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial y} + w_z \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial z} = v_m \cdot \Delta \varphi ,$$

где v_m – коэффициент молекулярной диффузии; φ – универсальная функция, описывающая уровень турбулентности потока продуктов горения:

$$\Delta \varphi = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} - \text{оператор Лапласа.}$$

В источнике [3] установлено, что стационарность процессов теплообмена, протекающих между горизонтально расположенными слоями газового потока при ограничениях второго порядка, позволяют описать процессы взаимодействия турбулентных потоков определяющими уравнениями в алгебраической форме. Использование такого подхода совместно с уравнениями гидродинамики применительно к задаче определения значения коэффициента диффузии для токсичных компонентов продуктов горения с учетом процессов сдвига в турбулентном потоке продуктов горения [3].

В процессе численного моделирования распространения токсичных компонентов продуктов горения формулируются специфические ограничения к форме конечно-разностных аппроксимаций уравнения (1) и методам его решения. Поскольку значение концентрации токсичных компонентов продуктов горения в соответствии с их физическим смыслом всегда положительно целесообразно применить монотонную схему, которая дает возможность получить действительное решение. В процессе формирования алгоритма вычисления на основе применения дискретных аналогов уравнения (1) целесообразно использовать метод расщепления физических процессов и для каждого малого временного интервала $[\tau_j, \tau_{j+1}]$ продолжительностью $\Delta \tau$ предлагается использовать схему, содержащую два этапа:

Этап 1 – перенос токсичных компонентов продуктов горения по траекториям:

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} + w_x \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial x} + w_y \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial y} + (w - w_g) \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial z} = 0. \quad (2)$$

Этап 2 – турбулентная диффузия токсичных компонентов продуктов горения

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} = I(\varphi_i, x, y, z, \tau) + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right), \quad (3)$$

где $I(x, y, z, \tau)$ – функция, описывающая распределение и мощность источников токсичных компонентов продуктов горения; k – коэффициент турбулентной диффузии токсичных компонентов продуктов горения на пожаре.

Основной элемент схемы, представляющий собой одномерное уравнение (4), может быть получен из выражения (2) посредством расщепления по пространственным переменным [5].

$$\frac{\partial \varphi}{\partial \tau} + w_x \cdot \frac{\partial \varphi}{\partial x} = 0 . \quad (4)$$

Примером нелинейных разностных схем, использующихся в ходе решения уравнения переноса, является монотонная схема, разработанная Ван Лиром, в основе которой лежит нелинейная схема Фромма. Это дает возможность аппроксимации исходного дифференциального уравнения при обеспечении второго порядка точности пространственных и временных переменных [4]. Привлекательность использования схемы Фромма основано на применении уравнения переноса Лакса-Вендроффа, которое в данном случае имеет вид:

$$\varphi^{j+1} = L(r) \cdot \varphi^j , \quad (5)$$

где $r = \Delta \tau \cdot w_i / \Delta x \leq 1$ – число Куранта, «отстающее» по времени на шаг от результатов решения дифференциальной задачи, однако при $r = 1$ схема дает абсолютно синхронные результаты; $L(r)$ – переменная, масштабирующая пространство зоны распространения токсичных компонентов продуктов горения.

Для осуществления перехода с j -го уровня на $(j+1)$ -й необходимо произвести цикл вычислений со значением $r = 1$, а затем вернуться назад, то есть осуществить необходимое преобразование:

$$\varphi^{j+1} = L(r-1) \cdot L(1) \cdot \varphi^j . \quad (6)$$

Совершенно очевидно, что в данной ситуации значение φ^{j+1} будет идти на один временной шаг вперед по сравнению с решением дифференциального уравнения. Можно уменьшить величину фазовой ошибки, если остановиться на среднем значении результатов решений уравнений (5) и (6). Таким образом, схему, предложенную в источнике [5], преобразуем до:

$$\varphi^{j+1} = \frac{L(r) + L(r-1) \cdot L(1)}{2} \cdot \varphi^j . \quad (7)$$

Однако перед построением монотонной схемы решения уравнения (7) существует необходимость конечно-разностной аппроксимации уравнений (5) и (7):

$$\varphi_{1i}^{j+1} = \varphi_{1i}^j - r \cdot \Delta_{i-1/2\varphi_1^j} - \frac{r}{2} \cdot (1-r) \cdot (\Delta_{i+1/2\varphi_1^j} - \Delta_{i-1/2\varphi_1^j}) , \quad (8)$$

$$\varphi_{2i}^{j+1} = \varphi_{2i}^j - r \cdot \Delta_{i-1/2\varphi_2^j} - \frac{r}{2} \cdot (1-r) \cdot (\Delta_{i+1/2\varphi_2^j} - \Delta_{i-3/2\varphi_2^j}) , \quad (9)$$

где Δ – шаг пространственной сетки; φ_1 и φ_2 – решения уравнений (5) и (6) соответственно.

Если выбрать монотонную схему, то результат решения уравнения (9) должен удовлетворить неравенству (10):

$$0 \leq \frac{\varphi_i^{j+1} - \varphi_i^j}{\varphi_i - \varphi_{i-1}} \leq 1. \quad (10)$$

Если корректно осуществить подбор соответствующих управляющих функций, то есть существует возможность построения монотонного варианта схемы решения уравнений (8) и (9).

Ориентируя сеточную структуру с учетом вектора скорости потока продуктов горения w_i в данном кластере, расчетная схема состоит из двух уравнений:

$$\begin{aligned} \text{если } w_i \geq 0 \text{ то } \varphi_{li}^{j+1} = & \varphi_i^j - \Delta\tau \cdot w_i \cdot \Delta_{i-1/2\varphi} - \frac{r}{4} \cdot (1-r) \cdot (\Delta_{i+1/2\varphi} - \Delta_{i-3\varphi}) + \\ & + \alpha_3 \cdot \frac{r}{4} \cdot (1+r) \cdot \left[S(\zeta_i) \cdot (\Delta_{i-1/2\varphi} - \Delta_{i+1/2\varphi}) - \frac{r}{4} \cdot S(\zeta_{i-1}) \cdot (\Delta_{i+1/2\varphi} - \Delta_{i+3\varphi}) \right], \end{aligned} \quad (11)$$

$$\begin{aligned} \text{если } w_i < 0 \text{ то } \varphi_{li}^{j+1} = & \varphi_i^j - \alpha_1 \cdot \Delta\tau \cdot w_i \cdot \Delta_{i+1/2\varphi} - \alpha_2 \cdot \frac{r}{4} \cdot (1+r) \cdot (\Delta_{i-1/2\varphi} - \Delta_{i+1/2\varphi}) + \\ & + \alpha_3 \cdot \frac{r}{4} \cdot (1+r) \cdot \left[S(\zeta_i) \cdot (\Delta_{i-1/2\varphi} - \Delta_{i+1/2\varphi}) - \frac{r}{4} \cdot S(\zeta_{i-1}) \cdot (\Delta_{i+1/2\varphi} - \Delta_{i+3\varphi}) \right], \end{aligned} \quad (12)$$

где число Куранта $r = \Delta\tau \cdot w_i / \Delta x$; $\Delta_{i-3/2\varphi} = \varphi_{i-1} - \varphi_{i-2}$; $\Delta_{i-1/2\varphi} = \varphi_i - \varphi_{i-1}$; $\Delta_{i+1/2\varphi} = \varphi_{i+1} - \varphi_i$; $\Delta_{i+3/2\varphi} = \varphi_{i+2} - \varphi_{i+1}$; $S(\zeta_i) = \frac{|\Delta_{i+1/2\varphi}| - |\Delta_{i-1/2\varphi}|}{|\Delta_{i+1/2\varphi}| + |\Delta_{i-3\varphi}|}$; $S(\zeta_{i-1}) = \frac{|\Delta_{i-1/2\varphi}| - |\Delta_{i-3/2\varphi}|}{|\Delta_{i-1/2\varphi}| + |\Delta_{i-3/2\varphi}|}$.

В уравнении (12) слагаемые, заключенные в квадратных скобках, являются разностями третьего порядка, поэтому погрешность аппроксимации второго порядка в линейных членах не увеличивается.

Устойчивость схемы, описанной уравнением (11) сохраняется при соблюдении условия, когда число Куранта $r = \Delta\tau \cdot w_i / \Delta x \leq 1$:

– при $\alpha_1 = 1$; $\alpha_2 = \alpha_3 = 0$ получается схема Годунова;

– при $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$, $\alpha_3 = 0$ получается немонотонная консервативная схема второго порядка Фромма;

– при $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 1$ получается монотонная консервативная схема второго порядка Ван Лира.

Второй этап решения дифференциального уравнения (3) предполагает расщепление по пространственным переменным на основе неявных аппроксимаций:

$$\begin{aligned} \frac{\varphi^{j+\alpha/6} - \varphi^{(j+1)/6}}{\Delta\tau/2} + \frac{\Lambda_\alpha^h \cdot \varphi^{j+\alpha/6} + \Lambda_\alpha^h \cdot \varphi^{(j+1)/6}}{2} = 0, \text{ при } \alpha = 1, 2; \\ \frac{\varphi^{j+4\alpha/6} - \varphi^{(j+2)/6}}{\Delta\tau} + \frac{\Lambda_3^h \cdot \varphi^{j+4\alpha/6} + \Lambda_3^h \cdot \varphi^{(j+2)/6}}{2} = 0, \\ \frac{\varphi^{j+(7-\alpha)/6} - \varphi^{j+(6-\alpha)/6}}{\Delta\tau/2} + \frac{\Lambda_\alpha^h \cdot \varphi^{j+(7-\alpha)/6} + \Lambda_\alpha^h \cdot \varphi^{j+(6-\alpha)/6}}{2} = 0, \text{ при } \alpha = 2, 1, \end{aligned} \quad (13)$$

где $\Lambda_{1\varphi} = \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right)$; $\Lambda_{2\varphi} = \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right)$; $\Lambda_{3\varphi} = \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right)$.

Численная схема (13) дает второй порядок точности для пространственных и временных переменных.

Таким образом, представляется возможным использование уже существующих наработок в части применения уже существующих численных методов для оценки обстановки на пожаре, когда объем исследуемого пространства ограничен поверхностями ограждающих конструкций при учете ориентации сеточного шаблона в зависимости от направления скорости потока продуктов горения в данном кластере и адекватном выборе шага пространственной сетки.

Литература

1. Противодымная защита зданий и помещений: пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91. М.: Промстройпроект, 1992. 75 с.
2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа: учеб. для вузов, 7-е изд., испр. М.: Дрофа, 2003. 840 с.
3. Щёголев И.Ф. Элементы статистической механики, термодинамики и кинетики. М.: Интеллект, 2008.
4. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. М.: Наука, 1966. 724 с.
5. Основы математического моделирования технических систем: учеб. пособие / В.И. Аверченков [и др.]. Брянск: Брянский государственный технический университет. 2012. 271 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПРИБОРОВ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБЩЕГО ОСВЕЩЕНИЯ ПОЖАРОВЗРЫВООПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

**А.П. Карташова, кандидат физико-математических наук.
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены основные аспекты мультифрактальной параметризации полупроводниковых светоизлучающих гетероструктур. Обосновано применение информационно-вероятностных методов мультифрактального анализа для описания особенностей организации структуры наноматериала.

Ключевые слова: пожаровзрывоопасные объекты, твердотельное освещение, мультифрактальные параметры, организация структуры наноматериала, полупроводниковые гетероструктуры

CURRENT PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF OPTICAL RADIATION DEVICES FOR GENERAL ILLUMINATION OF FIRE-EXPLOSION- PROTECTIVE OBJECTS

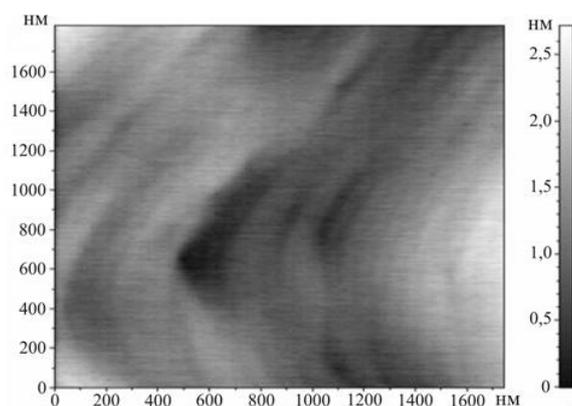
A.P. Kartashova.
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The main aspects of multifractal parametrization of semiconductor light-emitting heterostructures have been revealed. The application of information-probabilistic methods of multifractal analysis to describe the characteristics of the organization of nanomaterial is justified.

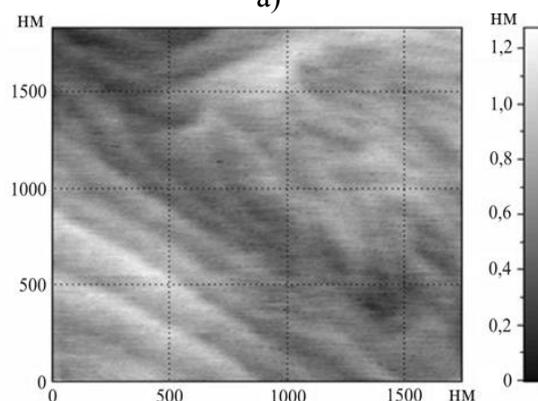
Keywords: fire and explosion hazard objects, solid-state lighting, multifractal parameters, nanostructural arrangement of the material, semiconductor heterostructures

Полупроводниковые гетероструктуры используются для создания активных областей источников и приемников излучения видимого, ультрафиолетового и инфракрасного диапазонов спектра электромагнитных колебаний. В свою очередь источники и приемники оптического излучения широко применяются в пожарных извещателях, датчиках пламени. В настоящее время актуальным является использование светодиодов для общего освещения, в том числе пожаровзрывоопасных объектов [1]. Для изготовления источников освещения используют InGaN/GaN полупроводниковые гетероструктуры. С целью увеличения эффективности светодиодов необходимы исследования структур светодиодов с применением анализа количественных параметров свойств материалов на основе последних достижений физики, химии и других наук.

Экспериментальные исследования эпитаксиальных слоев нитрида галлия, выращенные на зародышевых слоях сформированных в разных режимах, показали, что эти слои при близких концентрациях носителей имеют величину подвижности носителей заряда отличающуюся более чем на порядок [2]. При этом по плотности дислокаций отличаются только слои с минимальным и максимальным значением подвижности, а слои, отличающиеся по подвижности в несколько раз, имели одинаковую плотность дислокаций. В то же время по морфологии поверхности в атомно-силовом микроскопе эти слои заметно отличались между собой (рис. 1). При этом вид морфологии указывал на изменение внутренней структуры, а профили сечения указывали на разную шероховатость слоев. Эти результаты, позволили предположить существование сложной внутренней структуры наноматериала. Был сделан вывод о том, что общепринятый метод оценки структурного совершенства эпитаксиальных слоев на основе рентгеновской дифрактометрии не отражает в полной мере структурные особенности наноматериала нитридов III-группы [2]. Анализ имеющихся в литературе данных по исследованию слоев нитрида галлия методами просвечивающей микроскопии показал, что более 40 % дислокаций являются дислокациями смешанного типа, а краевые дислокации образуют дислокационные стенки и методами рентгеновской дифрактометрии не разрешаются и идентифицируются как один центр рассеяния. Таким образом, очевидно, что точная оценка плотности дислокаций невозможна [3]. Кроме того, их распределение не однородно по пластине. В связи с этим для характеристики особенностей организации наноструктуры слоев нитрида галлия было предложено применить информационно-вероятностные методы мультифрактального анализа [4, 5]. Эти методы разрабатывались и апробировались начиная с 90-х гг. прошлого века в материаловедении металлов и сплавов, имеющих сложную внутреннюю структуру. Хорошо известно, что для таких объектов многие свойства определяются особенностями внутренних связей частей сложной структуры в целом. Для характеристики этих связей и распознавания особенностей уже недостаточно традиционных методов диагностики, необходимо привлекать информационно-вероятностные методы, несущие информацию о степени упорядоченности материала, нарушении общей и локальной симметрии и уровня самоорганизации наноматериала. Практическое использование мультифрактальных представлений стало возможным благодаря развитию в последние годы теоретических представлений в области мультифрактального формализма, статистической и информационной физики, теории симметрии (в частности и работам Г.В. Встовского). Методология создана доктором физико-математических наук Г.В. Встовским, кандидатом физико-математических наук И.Ж. Буниным, доктором физико-математических наук А.Г. Колмаковым.



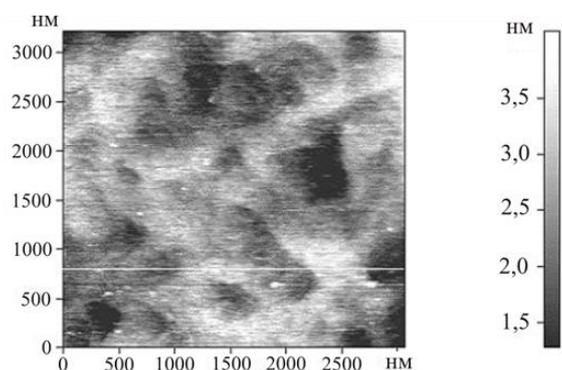
а)



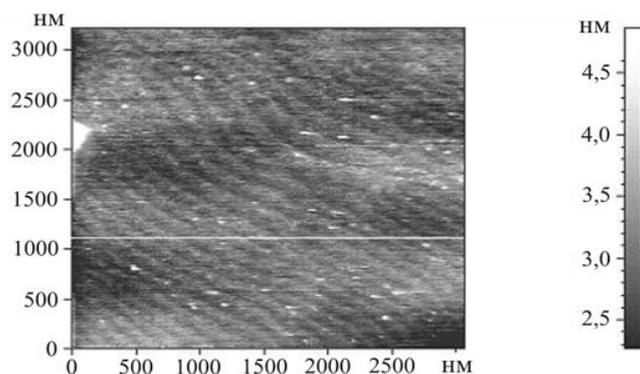
б)

**Рис. 1. Вид в атомно-силовом микроскопе поверхностей слоев нитрида галлия с одинаковой плотностью дислокаций, но разной подвижностью:
а) $400 \text{ см}^2\text{В}^{-1}\text{с}^{-1}$; б) $30 \text{ см}^2\text{В}^{-1}\text{с}^{-1}$**

Основой мультифрактального подхода к количественному описанию структур различной природы является построение тем или иным способом меры множества, аппроксимирующей изучаемую структуру; мультифрактальные меры (характеристики) связаны с исследованием распределения физических или каких-либо других величин на геометрическом носителе. Один из способов аппроксимации изучаемой структуры математическим множеством является получение цифрового компьютерного изображения поверхности (например, с помощью исследования поверхности методами атомно-силовой микроскопии (АСМ) (рис. 2). Разработанная Г.В. Встовским компьютерная программа [6] позволяет в результате обработки математического множества получить мультифрактальные параметры, такие как уровень самоорганизации и степень упорядоченности, характеризующие количественно особенности организации наноматериала.



а)



б)

Рис. 2. Изображения поверхности в АСМ светоизлучающих структур, классифицированных по характеру организации наноматериала: а) плохо упорядоченный наноматериал ($\Delta = 0,370$; $D=1,60$); б) хорошо упорядоченный наноматериал ($\Delta = 0,320$; $D=1,55$)

Информационная интерпретация мультифрактального формализма двумерных изображений была адаптирована для характеристики организации наноматериала слоев нитрида галлия [2]. Методика мультифрактальной параметризации включает в себя несколько основных операций: предварительная подготовка изображений изучаемой структуры, аппроксимация изучаемой структуры цифровым множеством. Операция предварительной подготовки изображений – важный этап процесса параметризации структуры материала. В материаловедении обычно используют оптические изображения и получение черно-белого контраста с использованием программ Photoshop. Для полупроводниковых структур такая обработка приводит к сильному огрублению изображения поверхности, а также содержит элементы невоспроизводимости, так как контрастность черно-белого изображения в серии исследуемых образцов может задаваться не точно. Поэтому в работе для получения изображений поверхности исследуемых гетероструктур использовали атомно-силовую микроскопию, а для получения контрастных черно-белых изображений – компьютерную программу, разработанную и введенную прямо в систему обработки данных атомно-силового микроскопа фирмы NT-MDT (Зеленоград). Такой подготовительный этап исключает неточности при получении черно-белого изображения. Далее выбранные характерные изображения переводятся в черно-белые контрастные изображения и производится их аппроксимация цифровым множеством. Оцифрованные изображения изучаемых структур представляют собой матрицы точек – пикселей, которые имеют значение «1», если приходятся на элементы структуры, или «0», если приходятся на область не занятую элементами изучаемой структуры. Дальнейший анализ проводится с применением равноячеечных разбиений и метода генерации мер огрубленных разбиений: число ячеек делят на сумму всех чисел на изображении структуры и получают меру для каждого пикселя. На основе этой меры генерируются меры огрубленных разбиений изображения на большие ячейки из 2×2 , 3×3 и т.д. пикселей, складывая меры отдельных пикселей в укрупненных ячейках. Таким образом получают много равноячеечных разбиений с размерами ячеек из заданного набора $\{l_k\}$ и мерами $\{\mu_{ik}, i=1, \dots, N_k\}$, определенными по заданным мерам элементарных ячеек. Иначе говоря, для каждого разбиения на более крупные ячейки размером $l_k \times l_k$ строится характеристическая мера в виде равноячеечного распределения единиц μ_i ($\mu_i = M_i / \Sigma M_i$, где M_i – количество единиц в i -й крупной ячейке, ΣM_i – общее количество единиц в матрице крупных ячеек, $i=1, 2, 3, \dots, N$). Затем для набора величин q из определенного интервала (для исследованных структур было установлено, что максимальные значения $q \in [-100; 100]$) производится вычисление традиционных мультифрактальных параметров в рамках мультифрактального формализма в информационной интерпретации. Использовался алгоритм генерации масштабов для построения мультифрактальных регрессивных графиков и алгоритм перебора

поддиапазонов масштабов для вычисления статистических характеристик по корректным мультифрактальным спектрам. Проводилась проверка спектров на корректность полученных мультифрактальных параметров. Все эти операции осуществляются по компьютерной программе MFRDrom В.Г. Встовского [6]. Методика позволила определить основные мультифрактальные параметры, такие как: степень упорядоченности (нарушение симметрии) для общей конфигурации исследуемой структуры в целом (Δ_c), степень упорядоченности (нарушение симметрии) исследуемой структуры на локальном уровне (Δ_p) и уровень самоорганизации (размерность Реньи) (D). Относительная погрешность в определении мультифрактальных параметров оценивалась из данных обработки полей с несколькими размерами (2x2 мкм, 10x10 мкм, 50x50 мкм). Относительная погрешность определения мультифрактальных параметров меньше 2 %. Ответственным моментом при проведении мультифрактальной параметризации исследуемой серии образцов является выбор одинакового для всей серии размера анализируемого поля. Изображение должно отражать характерные особенности организации наноматериала и этот этап требует статистических исследований АСМ изображений в полях разного размера. В поле 50x50 мкм находят отражение крупные неоднородности микронных размеров, связанные с режимом роста верхнего слоя нитрида галлия, легированного магнием, а характер организации наноматериала теряется, но хорошо выявляется в полях 2x2 мкм. При решении большей части практических задач, рассмотренных в работе, использовались поля размером 2x2 мкм. При применении мультифрактального формализма к полупроводниковым слоям исходили из одного из основных свойств сложных систем – самоподобия. При этом поверхности наноматериалов рассматривались как подсистемы объемного материала. В работе [5] было показано, что морфология поверхности нитрида галлия содержит информацию об особенностях структурной организации частей объемного материала в целом и мультифрактальные параметры позволяют количественно охарактеризовать эти особенности и различить слои с разным характером организации наноматериала, не отличимые традиционными методами, и выявить связь мультифрактальных параметров, таких как размерность Реньи (уровень самоорганизации) и степень упорядоченности (нарушение симметрии на локальном уровне) с подвижностью носителей заряда. Применение этой методики позволило определить мультифрактальные параметры светоизлучающих структур. Для характеристики особенностей организации наноматериала светоизлучающих структур использовались два параметра как наиболее информативные для нитридов III-группы: уровень самоорганизации (D) и степень упорядоченности (нарушение симметрии на локальном уровне – Δ).

Проведенные экспериментальные и теоретические исследования показали целесообразность использования таких мультифрактальных характеристик, как обобщенные энтропии (размерности) Реньи D и упорядоченности Δ . По изменению этих характеристик можно получать дополнительную информацию о темпах протекания процессов структурообразования, смене механизмов формирования структур и т.п. Характеристики D несут информацию о термодинамических условиях формирования изучаемых структур. При сравнении данных по серии образцов большие значения D соответствуют более неравновесным условиям формирования структур. Показатель Δ отражает степень упорядоченности и нарушения симметрии для общей конфигурации исследуемой структуры в целом. Увеличение Δ для исследуемой серии структур показывает, что в структуре становится больше периодической составляющей. Показатель Δ , определенный из псевдоспектров, отражает степень упорядоченности, связанную с нарушением локальной симметрии, и для этого случая рост значений Δ по абсолютной величине свидетельствует об увеличении нарушений локальной симметрии. Применение классификации слоев нитрида галлия по мультифрактальным параметрам в комплексном исследовании их структурных и электрических свойств позволило выявить информативность такого подхода и выяснить связь организации наноматериала и подвижности носителей заряда с мультифрактальным параметром Δ , определенным из псевдоспектров, отражающим степень нарушения

локальной симметрии. Проведенные исследования методами просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) слоев с разными значениями Δ показали, что эти слои отличаются между собой характером распределения дислокаций, разным соотношением плотности дислокационных стенок. Измерения подвижности и проводимости, а также температурной зависимости этих параметров слоев нитрида галлия с разной организацией наноматериала показали, что механизм транспорта носителей изменяется от прыжкового (типичного для низкоразмерных материалов) до классического (типичного для традиционных полупроводников), а величина подвижности отличается на несколько порядков в зависимости от значений Δ . Таким образом, мультифрактальный параметр Δ несет информацию о характере организации наноматериала слоев нитрида галлия, то есть отражает, в какой мере срослись и отрелаксировали стенки доменов, имеющие разные углы наклона и поворота, и может ли быть использован для экспресс-контроля характера организации наноматериала.

Контроль характера организации наноматериала светоизлучающих структур InGaN / GaN с применением мультифрактального анализа позволил выяснить особенности излучательной и безызлучательной рекомбинации в этих материалах.

Литература

1. Карташова А.П. Твердотельное освещение пожаровзрывоопасных объектов // Проблемы управления рисками в техносфере. 2017. № 1 (41). С. 76–86.
2. Emtsev V.V., Kolmakov A.G., Kryzhanovsky A.D., Lundin W.V., Shmidt N.M. Correlation of mosaic structure peculiarities with electric characteristics and surface multifractal parameters for GaN epitaxial layers // Nanotechnology. 2001. Vol. 12. № 4. P. 471.
3. Rouviere J.-L., Arlery M. Structural characterization of GaN layers: influence of polarity and strain release // Inst. Phys. Conf. Ser. 1997. Vol. 157. P. 173–182.
4. Встовский Г.В., Колмаков А.Г., Бунин И.Ж. Введение в мультифрактальную параметризацию структур материалов. Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2001. С.116.
5. Emtsev V.V., Kolmakov A.G., Kryzhanovsky A.D., Lundin W.V., Shmidt N.M. A new approach to analysis of mosaic structure peculiarities of gallium nitride epilayers // Physica B: Physics of Condensed Matter. 2001. Vol. 308–310. P. 1141–1144.
6. Vstovsky G.V., Bunin I. Multifractal parametrization of structures in material science // Journal of Advanced Materials. 1994. Vol. 1. P. 230–240.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ НАНОМОДИФИЦИРОВАННОГО ЭПОКСИДНОГО КЛЕЯ

А.В. Иванов, кандидат технических наук, доцент;

И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент;

С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Рассматриваются свойства эпоксидного клея, модифицированного углеродными наноструктурами и подверженного воздействию переменного частотно-модулированного сигнала. Показано, что добавление углеродных наноструктур в состав эпоксидного клея намного повышает прочностные свойства клеевой композиции при соединении технологических трубопроводов.

Ключевые слова: прочность, свойства, надежность, трубопровод, соединение, модифицированный клей

STUDY OF STRENGTH PROPERTIES OF THE NANOMODIFIED EPOXY ADHESIVE

A.V. Ivanov; I.L. Skripnik; S.V. Voronin.

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

The article deals with the properties of modified epoxy adhesive carbon nanostructures and exposed to variable frequency-modulated signal. It is shown that the addition of carbon nanostructures to the epoxy adhesive significantly increases the strength properties of the adhesive composition when connecting process pipelines.

Keywords: strength, properties, reliability, piping, connection, modified adhesive

В настоящее время продолжают происходить аварии на производственных объектах, сопровождающиеся большими материальными потерями, выбросами ядовитых веществ в окружающую среду, повреждением оборудования, травмированием и гибелью людей. Особенно это касается нефтегазового комплекса (НГК) [1]. Нефтедобывающая промышленность представляет одну из наиболее опасных и трудных отраслей экономики.

Проведенные исследования показывают, что надежная работа нефтегазовых трубопроводов в НГК имеет актуальное значение и, в целом, сказывается на эффективности его функционирования.

Трубопроводный транспорт в Российской Федерации получил интенсивное развитие. Преимущества его использования в сравнении с другими разновидностями транспортных средств заключаются в возможности:

- перекачки нефтепродуктов на большие расстояния с уменьшением количества промежуточных технологических участков;
- доставки нефтепродуктов в минимальные сроки и с наименьшими потерями их свойств;
- транспортирования широкого спектра нефтепродуктов и др.

Однако наряду с достоинствами он имеет и недостатки. Основной причиной высокого числа аварий на технологических трубопроводах является разгерметизация сварных, клепочных и других видов соединений.

Нефтегазовые трубопроводы подвержены деформации в результате воздействия температурных напряжений. Изучение способов снижения деформации трубопроводов под воздействием температурных напряжений, используемых на производстве, показало целесообразность применения новых подходов для обеспечения их надежной эксплуатации. В целях снижения экономической стоимости прокладки и обслуживания трубопроводов, уменьшения технологических операций и деталей, улучшения показателей пожарной безопасности и надежности необходимо использовать другие виды соединений трубопроводов взамен применяемых компенсаторов.

Проанализировав достоинства и недостатки известных видов соединений, используемых на технологических трубопроводах, можно сделать вывод, что клеевые соединения являются наиболее экономичным, простым и надежным способом соединения. Их применение позволит избавиться от лишних затрат и продлить срок службы трубопроводов.

Для достижения прочного клеевого соединения применяются особые составы на основе эпоксидных смол. По отношению к другим типам соединений они дают возможность получить хорошую (без концентраторов напряжений в несущих элементах) конструкцию.

Широкое применение на производстве нашли полимерные композиции – органические сплавы, получаемые введением в них жидких, твердых, газообразных наполнителей, смешиванием нескольких полимеров.

На их основе изготавливают смазки, клеи, лаки, краски, используемые в технологических аппаратах. Для повышения качества полимерных композиций применяют различные

стабилизаторы, наполнители, пластификаторы, смазки, красители и другие присадки. Изготавливаемые из них материалы являются основой технологического оборудования. Они просты в изготовлении, экономически выгодны, имеют улучшенные характеристики.

Но, несмотря на ряд преимуществ, материалы, изготовленные на основе полимерных композиций, подвержены деструкции – реакции, протекающей с разрывом химической связи в главной цепи макромолекулы и образованием продуктов более низкого молекулярного веса. Поэтому для предотвращения подобного явления и повышения огнезащитных и других свойств полимера проводится их модификация углеродными наноструктурами (УНС) [2].

Прочностные свойства материалов определяются их способностью сопротивляться воздействию внутренних напряжений на установленном промежутке времени.

Большое влияние на определение прочности клеевого соединения оказывает адгезия клеевого вещества. Она позволяет склеивать твердые тела посредством клеящего состава. Причиной появления адгезионной связи является взаимодействие молекул вещества под воздействием межмолекулярных сил или сил химического взаимодействия.

Степень прочности соединения зависит от давления отрыва, приложенного к покрытию, для отделения его от основы.

В области пожарной безопасности при исследовании образцов на показатель прочности необходимо учитывать ряд дополнительных факторов, а именно воздействие высокой температуры, открытого пламени, температурных напряжений и так далее. Поэтому не малую роль в определении прочности соединений играет время, в течение которого образец сохраняет свои показатели под воздействием дополнительных факторов.

В процессе схватывания клеевой композиции происходят разные физико-химические процессы, обуславливающие изменения её характеристик: при усадке растворной смеси может уменьшаться поверхность контактного слоя с возникновением растягивающих напряжений, приводящих к образованию трещин. В результате ослабляется сцепление поверхностей.

Для продления времени работоспособности соединений технологических трубопроводов в условиях пожара необходимо разработать новые виды эпоксидных клеев, которые могут работать при повышенной температуре и воздействии открытого пламени.

Избежать ослабления клеевого соединения в процессе схватывания можно воздействием на него переменного частотно-модулируемого сигнала (ПЧМС), модифицированием образца УНС [3]. Под воздействием электрического поля УНС, изначально хаотично расположенные в объеме клеевого состава, поляризуются и приобретают упорядоченную структуру. Вследствие этого межмолекулярное расстояние уменьшается, а показатель прочности увеличивается.

Проведенные исследования показали, что для системы с молекулярным весом 0,5 масс. % получено значительное улучшение (усиление на 70 %) прочности при растяжении склеивающихся конструкций. Это доказывает, что дисперсионные состояния УНС в эпоксидных композитах чрезвычайно важны.

Для обработки образцов электрическим полем используется генератор ПЧМС.

Метод воздействия на физические процессы в веществе и на границе раздела фаз включает управление ПЧМС на среду, в которой протекает рассматриваемый процесс. В результате этого происходит достижение оптимальных характеристик – обеспечивается увеличение производительности оборудования без повышения энергоёмкости производства за счет интенсификации процессов физической, химической, физико-химической и биологической природы в материалах, присутствующих в твердом и жидком состоянии.

Для изучения прочностных свойств модифицированного клея было подготовлено восемь образцов. Четыре образца двухкомпонентного клея ХТ–119 без добавления наноструктур и четыре образца модифицированного наноструктурами клея. Для этого в эпоксидную композицию, состоящую из эпоксидной смолы ХТ–119А с отвердителем ХТ–119Б, в пропорции 10:1 депонировали УНС с концентрацией 0,07 масс. %. Для депонирования отвердителями УНС применялась ультразвуковая пушка В01F11/0. Обработка

ультразвуком позволила уменьшить размеры наночастиц и получить равномерное их распределение для получения однородного состава.

По два образца каждого вида обрабатывали с помощью частотно-модулируемого формирователя.

Для проведения эксперимента по определению прочностных свойств полученных образцов клея была создана установка, представленная на рис. 1.

Результаты эксперимента по определению показателя прочности клеевой композиции в различных сочетаниях: депонирование УНС (модифицированный) и обработанный ПЧМС (+П) показаны в табл.

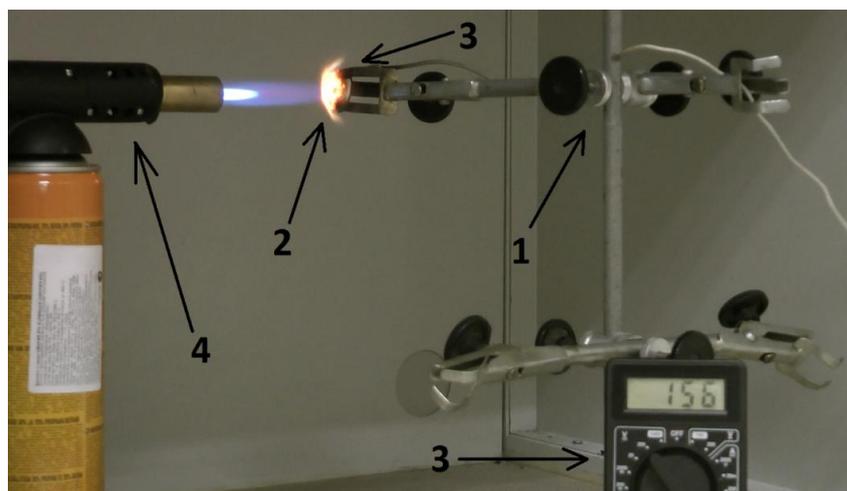


Рис. 1. Лабораторная установка для определения показателя прочности эпоксидного клея: 1 – штатив; 2 – образец с эпоксидным клеем; 3 – портативный мультиметр М-838 с термопарой; 4 – газовая горелка

Таблица. Результаты эксперимента по определению показателя прочности

Наименование образца	Время термической деструкции, сек	Температура окончания термической деструкции, °С
Клей ХТ – 119 (чистый; без обработки ПЧМС)	80	750
Клей ХТ – 119 (чистый; +П)	262	760
Клей ХТ – 119 (модифицированный; без обработки ПЧМС)	653	1 817
Клей ХТ – 119 (модифицированный; +П)	300	862

Адгезионные свойства клеевых соединений определяют прочность соединяемой конструкции. На основе проведенных опытов можно сделать вывод, что модификация эпоксидного клея УНС в концентрации 0,07 масс. % в несколько раз увеличивает стойкость соединения от воздействия открытого пламени. Время термической деструкции, включающее в себя начало, максимальное значение (при температуре воспламенения), конец, составило значение, равное $653/80=8,16$ (табл.). Обработка образцов ПЧМС также увеличивает прочностные свойства клеевого состава в $262/80=3,275$ раз. На рис. 2 показаны кривые термогравиметрического анализа (ТГА) эпоксидного клея, проведенные на установке «Termoscan-2».

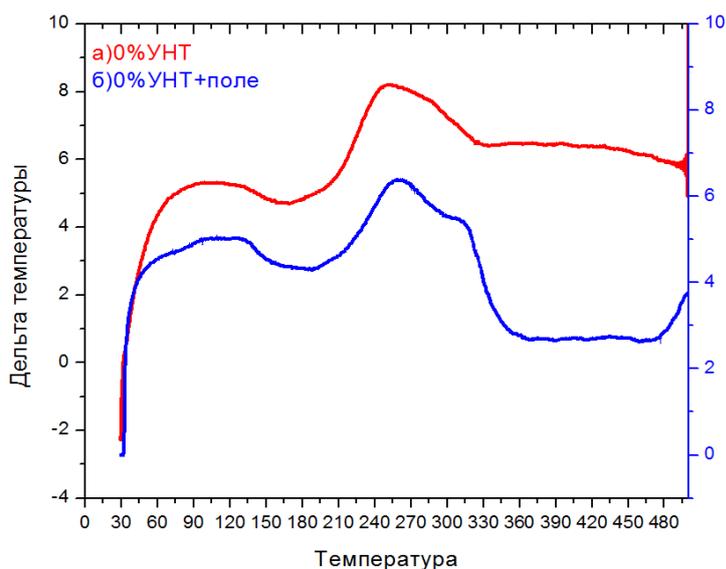


Рис. 2. Кривые ТГА эпексидного клея: а) исходный образец; б) исходный образец, +П

Однако по сравнению с обычной модификацией клея УНС эффект намного слабее. Обработка же модифицированных образцов электрическим полем вообще снижает (653/300) в 2,17 раза время термической деструкции. Поэтому обработка образцов ПЧМС не приводит к улучшению прочностных свойств изделий в условиях термического воздействия и требует дополнительных исследований.

Депонирование УНС в состав эпексидного клея намного улучшит прочностные свойства клеевой композиции. Применение данного способа повысит пожарную безопасность объектов НГК в случае высоких температур на пожаре, надежные характеристики технологических трубопроводов без использования вспомогательных средств защиты и уменьшит стоимость проводимых работ.

Литература

1. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Сорокин А.Ю., Савенкова А.Е. Научно-методические основы управления электростатическими свойствами жидких углеводородов для обеспечения пожарной безопасности предприятий нефтегазового комплекса // Науч.-аналит. журн. «Вестник Уральского ин-та ГПС МЧС России». 2018. № 2 (19). С. 98–109.
2. Иванов А.В., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Исследование процессов электризации при обращении с модифицированными наножидкостями и лакокрасочными материалами // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 3 (47). С. 107–112.
3. Физико-химические свойства и коллоидные особенности электрофизически модифицированной воды и акрилового гидрогеля при использовании их огнетушащих и ранозаживляющих возможностей / Азимов Д.С. [и др.] // Известия Санкт-Петербургского технологического института (технического университета). 2018. № 47 (73). С. 57–61.
4. Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Медведева Л.В. Методы управления свойствами углеводородных жидкостей в задачах обеспечения пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. 2016. Т. 25. № 9. С. 30–37.



ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ВОЗДУШНО-МЕХАНИЧЕСКОЙ ПЕНЫ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ

**А.С. Волик;
В.И. Речкин;
Т.П. Хальченко.**

**Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал
Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России**

Новые технологии получения воздушно-механической пены высокой кратности при тушении пожаров способны обеспечивать мгновенное тушение очагов возгорания и мест взрыва, что особо важно для обеспечения пожарной безопасности в газовой индустрии и на объектах хранения и транспортирования нефтепродуктов. Они включают систему сигнализации, оповещения персонала для эвакуации, систему управления приводами герметизации и открытия емкостей с реагентами пожарной безопасности, системы сбора и анализа аварийных утечек и концентраций горючих газов и жидкостей, анализа опасностей и рисков, производственной диагностики и экспертизы технических устройств контроля и сигнализации.

Ключевые слова: воздушно-механическая пена, нефтепродукты, пары, опасность возгорания, пожарная безопасность, ответственность, законодательство, предотвращение, управление

NEW TECHNOLOGIES FOR OBTAINING AIR-MECHANICAL FOAM DURING FIRE EXTINGUISHING

A.S. Volik; V.I. Rechkin; T.P. Halchenko.

**Far-Eastern Fire-Safety academy – branch of Saint-Petersburg university of State fire service
of EMERCOM of Russia**

New technologies for producing air - mechanical foam of high multiplicity in extinguishing fires can provide instantaneous extinguishing of fire and explosion sites, which is especially important for fire safety in the gas industry and at the storage and transportation of petroleum products. They include alarm system, alert personnel to evacuate, drive control systems sealing and opening the containers of reagents of fire safety systems collection and analysis of leakage and concentration of combustible gases and liquids, analysis of hazards and risks, operational diagnostics and examination of the technical devices of control and signaling.

Keywords: air-mechanical foam, oil products, vapors, fire hazard, fire safety, responsibility, legislation, prevention, management

Новые технологии получения воздушно-механической пены высокой кратности при тушении пожаров – будущее в пожаротушении и обеспечении пожарной безопасности. Они способны обеспечивать мгновенное тушение очагов возгорания и мест взрыва, что особо важно для обеспечения пожарной безопасности в энергетике, газовой промышленности и на объектах добычи, хранения и транспортирования нефтепродуктов и других горючих и взрывоопасных веществ.

Установки объемного пожаротушения позволяют максимально быстро ликвидировать очаг возгорания. Они включают систему сигнализации, оповещения персонала для эвакуации, систем управления приводами герметизации и открытия емкостей с реагентами пожарной безопасности, системы сбора и анализа аварийных утечек и концентраций горючих газов и жидкостей, анализа опасностей и рисков, производственной диагностики и экспертизы технических устройств контроля и сигнализации.

Нормативная база включает технический регламент о требованиях пожарной безопасности (редакция, действующая с 31 июля 2018 г.), предусматривает ликвидацию пожара автоматическими установками пожаротушения с помощью поверхностного и объемного способа подачи огнетушащего вещества. В «Техническом регламенте о требованиях пожарной безопасности» прописано, что тушение пожара объемным способом получения воздушно-механической пены при тушении пожаров должно обеспечивать создание среды, не поддерживающей горение в защищаемом объеме объекта [1].

ГОСТ Р 50800–95 [2] по автоматическим установкам пенного пожаротушения регламентирует разделение установок по кратности пены. Низкая кратность – от 5 до 20, средняя – от 20 до 200, высокая – свыше 200. СП 5.13130.2009 [3] устанавливает формулы для расчета расхода раствора пенообразователя, количества генераторов пены высокой кратности, количества воды и пенообразователя.

Согласно СП 155.13130.2014 «Склады нефти и нефтепродуктов» пена высокой кратности может предусматриваться для закрытых зданий и помещений, связанных с обращением легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ) и горючих жидкостей (ГЖ) [4]. Тушение воздушно-механической пеной низкой или средней кратности здесь допускается при невозможности применения высокократной пены. Объемное пожаротушение (установки с генераторами пены высокой кратности) рекомендуется для тушения пожаров на складах, в ангарах и иных закрытых зданиях и помещениях производственного назначения.

В СП 5.13130.2009 есть раздел «Установки пожаротушения высокократной пеной» с требованиями по проектированию систем такого типа [3]. Однако ГОСТ на генераторы пены высокой кратности пока отсутствует, нет стандартной методики испытаний, «Пожнефтехим» – производитель генераторов пены «Фаворит» для объемного пожаротушения производит научные изыскания в области проектирования и внедрения установок, использующих новые технологии получения воздушно-механической пены при тушении пожаров для складов, ангаров и других объектов, для которых рекомендовано применение пены высокой кратности.

Генератор пены высокой кратности ГВПЭ «Фаворит» (рисунок) – основной элемент установки объемного пожаротушения. Его характеристики и качество изготовления влияют на эффективность установки пожаротушения в целом. «Пожнефтехим» – российский производитель пожарного оборудования и пенообразователей производит ГВПЭ с 2008 г., уже около 10 лет. Изделие производится по ТУ 4854-020-72410778-08. Методика испытаний разработана специалистами «Пожнефтехим» и дает возможность проверить кратность пены с учетом высоты защищаемого помещения [5].

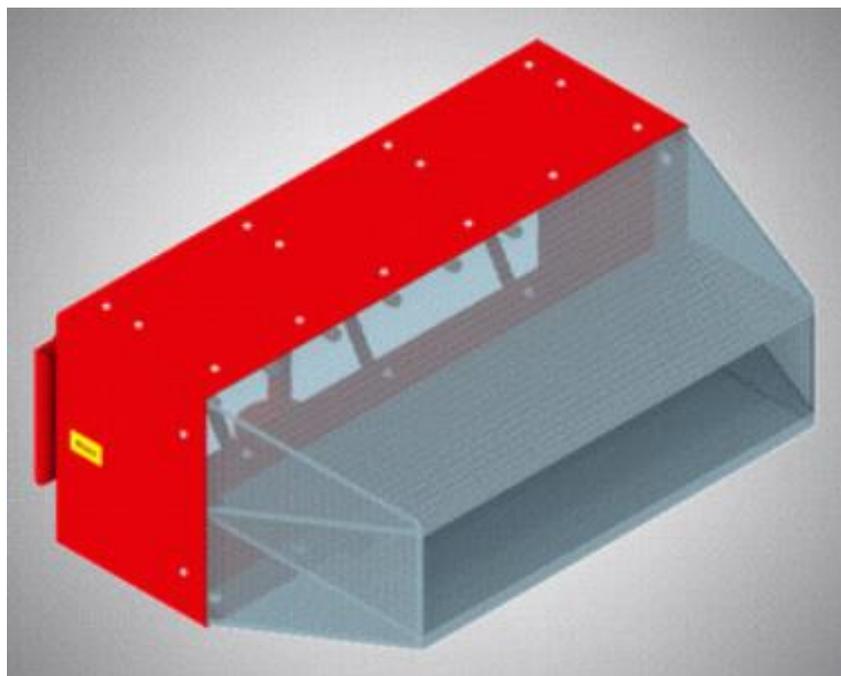


Рис. ГВПЭ «Фаворит» – генератор эжекционного типа

В России генераторы пены высокой кратности применяются с начала 2000-х гг., испытываются с заполнением объема высотой 6 м и дают значение кратности не менее 400. Производители российских пеногенераторов декларируют кратность от 400 до 1 000, при этом не указывается метод испытаний.

Рекомендуемая кратность пены, полученной на генераторах пены высокой кратности, составляет от 400 до 800, в зависимости от конструктивных особенностей устройства. В СП 5.13130.2019 [3] при расчете установок пенного пожаротушения используются коэффициенты, учитывающие усадку пены: 1,2 – до высоты 4 м, 1,5 – до высоты 10 м, свыше 10 м – экспериментально.

Согласно нормативным документам, генераторы высокократной пены применяются в установках объемного пожаротушения и установках локального пожаротушения по объему. СП 5.13130.2009 предусматривает подачу пены высокой кратности генераторами двух типов: эжекционного (для стационарных установок пожаротушения) и вентиляционного (для мобильной пожарной техники) [3].

Стационарный генератор пены «Фаворит» относится к типу эжекционных устройств. Применяется методика испытаний генераторов пены высокой кратности «Фаворит» с заполнением емкости на соответствующую высоту на время. Испытания проводятся на специальном стенде. На заводских испытаниях «Пожнефтехим» 26 апреля 2018 г. с использованием пенообразователя «Аквафом» типа S ГВПЭ «Фаворит» продемонстрировал кратность 540 при высоте заполнения 12 м.

Определение характеристик получения воздушно-механической пены при тушении пожаров установки пожаротушения выполняются в каждом случае индивидуально в зависимости от пожарной нагрузки и пожарной опасности объекта. Эти же факторы влияют на выбор огнетушащего вещества в установках пожаротушения. Требования к качеству пенообразователей и смачивателей регламентированы в ГОСТ Р 50588–2012 «Пенообразователи для тушения пожаров» [6].

Общие технические требования и методы испытаний новых технологий получения воздушно-механической пены при тушении пожаров, по мнению специалистов ВНИИПО МЧС России, опыт тушения воздушно-механической пеной высокой кратности пожаров класса А и В показывает, что новые технологии получения воздушно-механической пены фторсодержащими и синтетическими пенообразователями обладают практически

одинаковой эффективностью (кроме складов с полярными горючими жидкостями» (ответ на запрос, письмо ООО «Пожнефтехим» о пене высокой кратности от 7 апреля 2018 г.). Наиболее быстродействующим, но и наиболее опасным для персонала является метод взрывной декомпрессии в камере сгорания [7].

Тушение воздушно-механической пеной высокой кратности проводится для всех типов пенообразователей, кроме смачивателя WA. Пенообразователь, используемый для установок тушения пеной высокой кратности, должен быть способен образовывать воздушно-механическую пену высокой кратности, чаще применяется пенообразователь типа S – синтетический углеводородный биоразлагаемый пенообразователь «Аквафом» с объемной концентрацией в рабочем растворе 1 %, 3 % или 6 % и температурами застывания в диапазоне от -3 °С до -50 °С по ГОСТ 18995.5–73 [8].

Литература

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ // Рос. газ. 2008. 1 авг. Федер. выпуск № 4720.
2. ГОСТ Р 50800–95. Установки пенного пожаротушения автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-50800-95> (дата обращения: 21.05.2019).
3. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения: 21.05.2019).
4. СП 155.13130.2014. Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200108948> (дата обращения: 21.05.2019).
5. ТУ 4854-020-72410778-08. «Генераторы высокократной пены эжекционные «Фаворит». Генераторы огнетушащего аэрозоля «Допинг-1Р.100», «Допинг-2Р.400», «Допинг-2.160», «Допинг-3.250», «Допинг-4.640», «Допинг-5.1200» ОС «ПОЖ-АУДИТ» ООО НТЦ «ПОЖ-АУДИТ». ССПБ. RU.ОП014.В01321.
6. ГОСТ Р 50588–2012. Пенообразователи для тушения пожаров. Общие технические требования и методы испытаний // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200093407> (дата обращения: 21.05.2019).
7. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / А.Н. Баратов [и др.]: в 2-х кн. М.: Химия, 1990. 496 с.
8. ГОСТ 18995.5–73 (СТ СЭВ 2336-80, СТ СЭВ 2343-80). Продукты химические органические. Методы определения температуры кристаллизации // ЭЛЕКТРОННЫЙ ФОНД правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200018755> (дата обращения: 21.05.2019).

НЕЧЕТКИЙ ПОИСК ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

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

Рассмотрен нечеткий поиск текстовой информации в файлах форматов *.НТМ, *.XML и *.ТХТ. Нечеткий поиск производится с использованием процедуры вычисления расстояния Левенштейна. Поиск текстовой информации в файлах указанных форматов реализован в виде программы для ЭВМ.

Ключевые слова: нечеткий поиск, расстояние Левенштейна, математическая модель, компьютерная программа

THE FUZZY SEARCH THE TEXT INFORMATION

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

This article presents the mathematical model and computing program the fuzzy search the text information. The fuzzy search use the Levenshtein distance. The mathematical model use the fuzzy logic.

Keywords: fuzzy search, Levenshtein distance, mathematical model, computing program

Непрерывное развитие информационных технологий и связанное с ним лавинообразное увеличение объемов информации, доступной для пользователя интернета, определяет актуальность разработки методов эффективного поиска информации.

Документы, используемые в интернете, должны быть логически упорядочены и хорошо структурированы. Поэтому такие документы форматируются с помощью языков обобщенной разметки, в которых используются правила, определяющие где должны быть размещены те или иные структуры документа.

Стандартный обобщенный язык разметки SGML (Standard Generalized Markup Language) стал стандартом в 1986 г. Он является сложным языком разметки, так как содержит огромное количество свойств, ориентированных на работу с текстом.

В 1989 г. швейцарская лаборатория CERN (Centre Europeende Recherche Nucleaire – Центр Европейских ядерных исследований) разработала стандарты языка гипертекстовой разметки HTML (HyperText Markup Language) и протокола передачи гипертекста по компьютерной сети HTTP (Hyper Text Transfer Protocol). Именно эти два стандарта легли в основу мировой паутины World Wide Web (WWW), которая и привела к созданию Web-технологии.

Начало XML было положено в 1996 г. В этом году было создано подмножество языка SGML, предназначенное специально для работы в Интернет. Расширяемый язык разметки XML (Extensible Markup Language) использует лишь те функциональные возможности SGML, которые реально необходимы для распространения информации в Интернет.

В связи с вышеизложенным, в представленном исследовании решалась задача нечеткого поиска текстовой информации в файлах форматов *.HTM, *.XML и *.TXT, широко используемых в интернете.

Стандартный четкий поиск текстовой информации по ключевым словам дает результат только при точном совпадении ключевых слов запроса с искомой информацией. При этом четкий поиск имеет следующие недостатки:

- не учитывает языковые и смысловые взаимосвязи слов запроса;
- не учитывает различные грамматические формы слов запроса;
- не учитывает возможности ошибочного написания слова запроса;
- не учитывает возможные ошибки и опечатки в тексте запроса.

Нечеткий поиск текстовой информации лишен указанных недостатков, так как в отличие от четкого поиска использует такое понятие, как расстояние редактирования, которое показывает сколько операций редактирования нужно применить к строке поискового запроса, чтобы учесть все возможные искажения, ошибки и опечатки. В настоящее время нечеткий поиск информации используется в генетике, при построении запросов в базах данных, в системах мониторинга пожаров в лесах [1] и многих других областях.

Одним из известных расстояний редактирования является расстояние Левенштейна, которое определяет число операций удаления, замены и вставки символа для превращения одной строки текста в другую строку (определяет степень «похожести» строк). Впервые задача определения степени похожести строк была решена в 1965 г. советским математиком В.И. Левенштейном [2]. Расстояние Левенштейна в настоящее время используется при

исправлении ошибок в поисковых запросах, при сравнении текстовых файлов, а также в биологии при сравнении генов, хромосом и белков.

Алгоритмы сравнения строк относятся к классу алгоритмов сравнения с образцом (подстрокой) [3]. Стандартный алгоритм начинается со сравнения первого символа текста с первым символом образца. Если символы совпадают, то выполняется переход ко второму символу текста и образца. Процесс сравнения продолжается и может быть остановлен в двух случаях:

- все символы образца совпадают с символами текста;
- встретятся несовпадающие символы.

В первом случае поиск останавливается, так как задача поиска решена. Во втором случае происходит сдвиг указателя текущего положения в тексте на один символ вправо и поиск продолжается.

Алгоритмы приближенного (нечеткого) сравнения строк относятся к классу алгоритмов динамического программирования, действующих в зависимости от меняющейся ситуации [4]. В случае приближенного (нечеткого) сравнения строк определяется соответствие подстроки текста и образца с точностью k , где k – максимальное число отличий подстроки текста и образца. Задача поиска решается путем создания матрицы отличий, в которой каждому символу образца соответствует строка матрицы, а каждому символу подстроки текста – столбец матрицы. Значения элементов матрицы показывают текущую величину отличий символов образца и подстроки. Число расхождений для каждого символа определяется тремя соседними элементами матрицы, находящимися от него сверху, слева и по диагонали сверху слева. Соседний элемент по диагонали матрицы определяет совпадение или несовпадение символов образца и подстроки текста. Таким образом, значение элемента матрицы отличий определяется путем вычисления минимального значения из трех следующих значений:

- $D[i, j] = D[i-1, j-1]$, если $SS[i] = ST[j]$, иначе $D[i, j] = D[i-1, j-1]+1$;
- $D[i, j] = D[i-1, j]+1$, если символ $SS[j]$ отсутствует в тексте;
- $D[i, j] = D[i, j-1]+1$, если символ $SS[j]$ отсутствует в образце.

Здесь $D[i, j]$ – значение элемента матрицы, $SS[i]$ – символ подстроки, $ST[j]$ – символ текста. Элемент матрицы $D[i-1, j-1]$ находится сверху слева, элемент $D[i-1, j]$ находится сверху, а элемент $D[i, j-1]$ находится слева от заполняемого элемента $D[i, j]$.

При реализации данного алгоритма поиска не нужно хранить в памяти все $S*T$ элементы матрицы (S – количество символов образца, T – количество символов текста), а достаточно хранить вычисляемый и предыдущий столбцы матрицы ($2*S$ элементов).

Алгоритм вычисления расстояния Левенштейна также использует матрицу отличий и имеет следующие особенности:

- невысокая сложность реализации на различных языках программирования (например, C#, Delphi);
- несколько вариантов реализации для различных конфигураций системы;
- возможность использования для различных алфавитов.

На первом этапе данного исследования была создана компьютерная модель сравнения двух строк текста путем вычисления расстояния Левенштейна, реализованная в виде программы для ЭВМ. Интерфейс программы вычисления расстояния Левенштейна представлен на рис. 1.

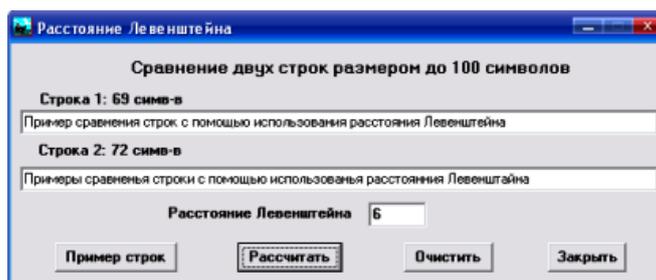


Рис. 1. Программа вычисления расстояния Левенштейна

Данная программа позволяет вычислять расстояние редактирования (Левенштейна) для двух текстовых строк размером до 100 символов.

На втором этапе данного исследования была создана компьютерная модель, производящая четкий и нечеткий поиск подстроки текста на кириллице и латинице в текстовых файлах форматов *.HTM, *.XML и *.TXT, наиболее часто используемых в интернете. Компьютерная модель реализована в виде программы для ЭВМ.

Порядок работы с программой следующий. На начальном этапе поиска выбирается тип файла (*.HTM, *.XML или *.TXT) и каталог, содержащий файлы выбранного типа. Затем указывается тип поиска (четкий или нечеткий). В случае выбора нечеткого типа поиска нужно указать ошибку поиска (максимальное число отличий подстроки поиска и текста). Далее нужно ввести подстроку поиска и с помощью нажатия кнопки «Поиск» запустить процедуру поиска текстовой информации. По окончании поиска указывается число просмотренных файлов. При совпадении символов подстроки поиска и фрагмента текста указывается имя файла, в котором произошло совпадение (список «Найдены файлы» и раскрывающийся список «Файл для просмотра»).

Интерфейс программы поиска информации представлен на рис. 2.

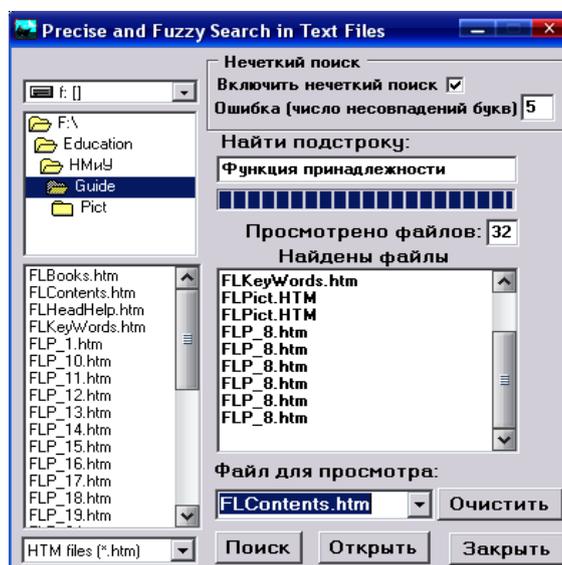


Рис. 2. Программа, выполняющая четкий и нечеткий поиск текста

Для просмотра содержимого файла, попавшего в список «Файл для просмотра», нужно выбрать файл и нажать кнопку «Открыть». При этом содержимое файла просматривается в специальном окне, представленном на рис. 3.

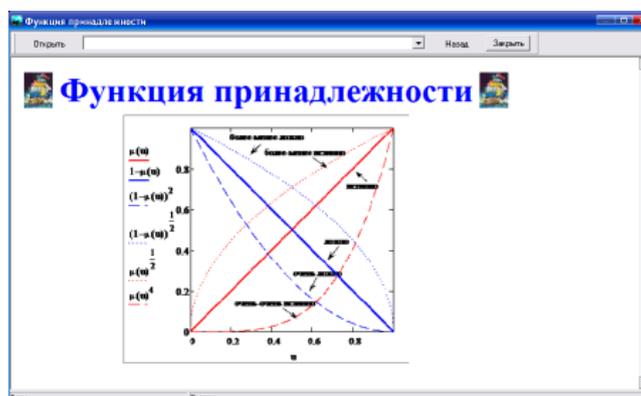


Рис. 3. Окно просмотра найденной информации (файл *.HTM)

Созданная компьютерная модель, использующая процедуру вычисления расстояния Левенштейна и реализованная в виде программы для ЭВМ, способна производить нечеткий поиск и просмотр текстовой информации в файлах форматов *.НТМ, *.XML и *.ТХТ.

Литература

1. Сонькин М.А., Лешик Ю.В. Применение алгоритмов нечеткого поиска в системах мониторинга лесопожарной обстановки. Томск: Труды ТГТУ. 2012. № 2.
2. Левенштейн В.И. Двоичные коды с исправлением выпадений и вставок символа // Проблемы передачи информации. РАН. 1965. № 1.
3. Вирт Н. Алгоритмы и структуры данных. СПб.: Невский диалект, 2001.
4. Кнут Д. Искусство программирования. М.: Вильямс, 2001. Т. 1, 2, 3.

ХИМИЧЕСКИЕ РЕАГЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ОБЕСПЫЛИВАНИИ ДОРОГ

А.А. Ручкин, кандидат технических наук;

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

Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения им. генерала армии А.В. Хрулева.

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Представлен краткий анализ химических реагентов, применяемых при обеспыливании дорог – комплексе мер по удалению с поверхности дороги мелких пылевидных частиц. Обеспыливание улучшает качество дороги и безопасность проезда техники.

Ключевые слова: обеспыливание, дороги, реагенты

CHEMICAL REAGENTS USED WHILE SPRAYING

A.A. Ruchkin; G.V. Makarchuk.

Military institute (engineering) of the Military academy of material and technical support named after General of the Army A.V. Hrulev.

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

A brief analysis of chemical reagents used in the dedusting of roads is presented – a set of measures to remove small dust particles from the road surface. Dust removal improves road quality and vehicle safety.

Keywords: dedusting, roads, reagents

Обеспыливание дорог – комплекс мер по удалению с поверхности дороги мелких пылевидных частиц. Ведутся исследовательские работы по подбору состава, применяемого для обеспыливания грунтовых работ, что связано с необходимостью обеспечить безопасный проезд военной техники по грунтовым дорогам.

Обеспыливание автомобильных дорог позволяет:

- улучшить видимость;
- повысить пропускную способность автомобильных дорог (увеличить дистанцию между автомобилями, следующими в колоннах);
- уменьшить износ материала покрытия;
- повысить срок службы техники (машин, вертолетов, самолетов) и дорог;

- уменьшить износ поршневых двигателей;
- улучшить ориентацию и наблюдение за обстановкой;
- уменьшить аварийность;
- уменьшить затраты сил и средств на восстановление износа дорог;
- сократить объем работ по ремонту автомобильных двигателей;
- облегчить работу дорожно-комендантской службы.

Изыскание эффективных методов обеспыливания дорог были начаты в 30-х гг. XX в. в связи с развитием отечественной автомобильной промышленности и большим размахом строительства дорог с грунтовыми и каменными неусовершенствованными покрытиями. Велись работы по разработке способов обеспыливания дорог, выработке рецептурных указаний по использованию в дорожном хозяйстве. Эти работы продолжаются и по настоящее время [1, 2].

Рассмотрим основные способы поверхностной обработки или пропитки автомобильных дорог путем распределения по полотну проезжей части связывающих, клеящих материалов и химических реагентов.

В качестве обеспыливающих материалов применяются гигроскопические соли, сульфитно-целлюлозные щелоки и органические вяжущие материалы.

Гигроскопические вещества делятся на три группы:

1. Вещества, расплывающиеся на воздухе. Первоначально содержащиеся в воздухе пары воды при соприкосновении с твердым веществом образуют на его поверхности ничтожно малое количество раствора. Если давление водяного пара над этой жидкостью меньше парциального давления водяного пара в воздухе, то пары воды будут осаждаться на веществе, и оно будет растворяться. Процесс растворения закончится тогда, когда концентрация раствора понизится настолько, что давление водяного пара над ним станет равно парциальному давлению водяного пара в воздухе. При применении таких веществ увеличиваются капиллярные силы взаимодействия между пылевидными частицами. Пылеобразование при этом существенно снижается или исчезает полностью.

2. Вещества, образующие с водой кристаллогидраты – кристаллические образования, содержащие в своем составе воду. Химически связанная вода, входящая в кристаллическую решетку кристаллогидрата, не может участвовать в процессах увлажнения пылевидных частиц. Поэтому вещества такого типа не могут использоваться в качестве обеспыливающих материалов.

3. Вещества, адсорбирующие пары воды из воздуха. К ним относится активированный уголь, силикагель, аскарит (волокнистый технический асбест, обработанный щелочью). Вещества этой группы адсорбируют воду, связывают ее в своих порах физически или физико-химически. Следовательно, такая вода не может участвовать в процессе увлажнения пылевидных частиц.

Таким образом, из числа гигроскопических веществ в целях обеспыливания могут применяться только вещества первой группы [3].

На воздухе расплываются многие органические и неорганические вещества.

В качестве гигроскопических солей первой группы могут применяться: хлорид кальция, хлорид магния, хлорид алюминия, сернистый натрий, хлорид натрия, хлорная известь, хлорное железо, перхлорат магния, перхлорат бария, каолинит и др.

Хлорид кальция может применяться в виде 20...30 % водного раствора, дробленого материала и в виде порошка. Возможный расход хлорида кальция представлен в табл. 1.

Таблица 1

Тип покрытия	Расход CaCl ₂ , кг/м ²	
	При первичной обработке	При дальнейшей обработке
Щебеночное из гранитных пород	0,4...0,6	0,1...0,3
Щебеночное из известковых пород	0,6...1,2	0,3...0,5
Гравийное из известковых и метаморфических пород	0,5...1,0	0,2...0,4

Применение в виде порошка заключается в следующем: хлорид кальция раскладывается на обочине через определенные расчетом расстояния, дробится на куски до размеров не более 16...20 см, равномерно распределяется по проезжей части катком. Хлорид кальция растворяется за 1–2 дня, увлажняя поверхностный слой. Увлажненное покрытие под воздействием движения хорошо закатывается. В первую неделю необходимо выровнять профиль покрытия грейдерами или утюгами. Срок действия обеспыливания 2–2,5 месяца при сухой погоде и больше при переменной.

Достоинства применения хлорида кальция для обеспыливания:

- простота обработки;
- экономичность;
- легкость содержания и ремонта.

Недостаток применения хлорида кальция для обеспыливания – дороги, обработанные CaCl_2 , в сырую погоду делаются более грязными и скользкими.

Основными отходами лесохимической промышленности являются сульфитно-целлюлозный щелок (СЩ) и сульфитно-спиртовая барда (ССБ), которые содержат значительное количество лигносульфонатов, обладающих клеящими свойствами и которые могут применяться в качестве вяжущих материалов при обеспыливании и укреплении дорог. Щелок, нейтрализованный известью в количестве 0,6 % от веса щелока при норме 2 л/м², проявляет клеящую способность через 2–3 ч., а через 6–7 ч. формируется пластичная корочка, которая на вторые сутки приобретает высокую прочность.

Основным недостатком лигносульфонатов является их водорастворимость. Для водоустойчивости рекомендованы следующие окислители: натриевый хромпик, хлорная известь, перекись водорода, надсернистый аммоний, диоксид свинца, хромитовые шлаки, активированный пиролюзит. Применяются щелоки барды с синтетическими смолами.

Обеспыливание автомобильных дорог вяжущими материалами основывается на склеивании частиц пыли между собой и с материалами покрытия. Вяжущие материалы, применяемые для обеспыливания делятся на две группы:

1. Материалы, сохраняющие длительно клееобразное состояние (нефтеполимерные смолы, битумы, дегти, эмульсии и др.). Эффект достигается за счет образования эластичного поверхностного коврика;

2. Материалы, затвердевающие и образующие твердые механически прочные структуры (цементы, смолы холодного твердения, известь и др.). При этом образуется высокопрочный и износоустойчивый защитный слой.

Наиболее перспективны материалы первой группы. Требования к материалам этой группы: хорошие адгезионные и когезионные характеристики, хорошая проникающая способность в малопористые минеральные системы, хорошая смачиваемость минеральных частиц, быстрая растекаемость.

Для обеспыливания и укрепления дорог применяются органические вяжущие материалы: жидкие нефтяные битумы типа А-1, А-2, Б-1, Б-2, сланцевые битумы С-1, С-2, дегти типа Д-1, Д-2, битумные и дегтевые эмульсии и пасты, мазут, сырые нефти, различные смолы и отходы каменноугольного, сланцевого и газового производства.

Хорошие результаты были получены при комплексном обеспыливании грунтовых дорог разливом 12 % раствора CaCl_2 (9,5 л/м²), а на следующий день – разливом дегтя Д-3 при норме 1,5...2,0 кг/м². При этом создается дегтегрунтовый коврик толщиной 5–8 мм.

Особый интерес для обеспыливания дорог представляют концентрированные эмульсии, разжижаемые непосредственно перед употреблением. Например, эмульсия из сланцевых смол – темно-коричневая густая темная масса, содержание черных вяжущих в которой достигает 90–98 %; битумно-сланцевая эмульсия, содержащая 60 % нефтяного битума и 40 % шлакопродуктового сланцевого масла [4, 5].

Эмульсии для обеспыливания делятся на:

– прямые в которых битум равномерно распределен в воде. В этом случае применяются эмульгаторы анионного типа: асидол, мылонафт, синтетические жирные кислоты (кубовый остаток), контакт Петрова, древесная омыленная смола, талловый пек и др.

– обратные, в которых вода равномерно распределена в битуме. В этом случае применяются эмульгаторы катионоактивного типа: БП-3 или фактические амины, содержащие 17...20 атомов углерода в цепи молекул, четвертичные аммониевые основания, фенолы).

По скорости распада эмульсии делятся на:

- быстрораспадающиеся – БА;
- среднераспадающиеся – СА;
- медленнораспадающиеся – МА.

При применении в эмульсии гидроксида натрия вода не должна содержать солей более 6 мэкв/л, рН таких эмульсий лежит в пределах 9–13.

По вязкости эмульсии делятся на марки. Например, классу МА соответствуют марки МА-1, МА-2 с вязкостью 2–8 и 1,5–5 градусов по вискозиметру ВУ.

Для обеспыливания используются средне- и медленнораспадающиеся эмульсии прямого типа. Например, состав битумной медленнораспадающейся эмульсии (%): битума 50–60, госсиполовой смолы 5, гидроксида натрия 5, остальное – вода. Примерно таков же состав в случае применения в качестве эмульгатора жирового гудрона.

Сланцевые эмульсии производят на основе сланцевых битумов марок БСД 250/330 и БСД 180/250, тяжелого масла тоннельных печей и сульфатного мыла. Эмульсии более высокодисперсны по сравнению с эмульсиями на нефтяных битумах (до 90 % частиц до 1 мкм) и имеют меньшую вязкость (10–15 по стандартному вискозиметру).

Разработаны эмульсии на основе составленных вяжущих, например, сульфитно-спиртовой барды, кремнийорганических жидкостей и жидкого битума, эмульсии на основе полиалкилбензолных смол (отходы производства кумола 65–70 %) и оксиэтилированного дибутилфенола. Последние используются с целью повышения эффективности применяемых в эмульсиях вяжущих и экономии битумов.

Особо перспективны для обработки дорог эмульсии большой концентрации, которые к месту работ могут доставляться в виде густой массы, а перед применением разжижаться до требуемой степени.

Широко для обеспыливания применяют сырые тяжелые нефти. Сырые нефти в зависимости от состава (месторождения) могут быть малосмолистые (1–10 % смолисто-асфальтеновых веществ), смолистые (10–20 %), высокосмолистые (23–40 %).

В балансе добываемых нефтей основными являются смолистые. Нефти отличаются большим разнообразием химического состава (смола, асфальтены, сепя) и физических свойств (плотность, молекулярная масса, вязкость).

Адгезионные свойства нефти определяют смолы, состоящие от 70 до 90 % из гетероциклических соединений, содержащих азот, серу, кислород, нафтеновые и асфальтогеновые кислоты и небольшое количество фенолов. Они повышают поверхностную активность нефти, увеличивают ее когезионную прочность к поверхности частиц пыли.

В тяжелых нефтях содержится большое количество акцизных смол и серы, которые под воздействием кислорода воздуха образуют непредельные соединения, способные полимеризоваться. В результате полимеризации образуются соединения, способные хорошо связывать минеральные вещества, в том числе и дорожную пыль.

По плотности нефти делятся на тяжелые и легкие. Для обеспыливания могут использоваться нефти с вязкостью не менее 20. Тяжелые нефти разжижают мазутом, сланцевым и каменноугольным маслами, керосином и другими органическими растворителями.

Применяют для обеспыливания смолы каменноугольного, сланцевого и газового происхождения [6].

В Южном Вьетнаме инженерные части армии США для предохранения грунтов от переувлажнения и устранения пылеобразования применяли нейлоновую пленку.

Наиболее перспективны для обработки дорог с грунтовыми и каменными неусовершенствованными покрытиями в районах с умеренным и умеренно жарким климатом, но при высокой относительной влажности воздуха гигроскопические соли. В сухих, засушливых районах при высокой температуре и низкой относительной влажности воздуха большой интерес представляют органические вяжущие материалы и синтетические смолы холодного твердения.

В качестве обеспыливающих материалов эффективны также концентраты сульфитно-спиртовой барды, а непосредственно в районах расположения предприятий лесохимической промышленности – сульфитно-целлюлозные щелока и сульфитно-спиртовая барда.

Литература

1. Булат Р.Е., Саркисов С.В., Вакуненко В.А. Повышение эффективности функционирования жилищно-коммунального хозяйства Министерства обороны Российской Федерации // Военный инженер. 2018. № 4 (10). С. 32–39.

2. Булат Р.Е., Игнатчик В.С., Саркисов С.В. Направления научно-исследовательских работ военного института (инженерно-технического) на современном этапе развития // Военный инженер. 2017. № 1 (3). С. 29–32.

3. Обеспыливание автомобильных дорог с грунтовыми и неусовершенствованными покрытиями: монография / Першин М.Н. [и др.]. Ленинград: Военная академия тыла и транспорта, 1969.

4. Методические рекомендации по технологии обеспыливания автомобильных дорог с переходным типом покрытия с использованием битумной эмульсии. URL: <http://zakon.kadastr61.ru/mainmenu/biblioteka/snipyi,-sp,-gostyi,/2017/08/11/metodicheskie-rekomendaczii/> (дата обращения: 27.12.2018).

5. Дорожные эмульсии. URL: https://studopedia.su/9_43768_dorozhnie-emulsii.html (дата обращения: 27.12.2018).

6. Характеристика органических вяжущих. URL: <http://stroy-spravka.ru/article/kharakteristika-organicheskikh-vyazhushchikh> (дата обращения: 27.12.2018).

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ В ВУЗАХ МЧС РОССИИ

Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук;

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

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России

Показана необходимость формирования профессиональных компетенций при проведении практических занятий. Проанализированы возможности различных носителей учебной информации с точки зрения удобства пользования, доступности, требований к аудитории, вариативности, адаптивности к особенностям обучающихся, подключения к внешним источникам информации. Представлена возможная структура электронного учебного пособия, выполненного с использованием гипертекстовых технологий. Рассмотрены результаты педагогических наблюдений по использованию современных информационно-коммуникационных технологий на практических занятиях.

Ключевые слова: профессиональные компетенции, практическое занятие, компетентностно-ориентированные индивидуальные расчетные задания, учебно-методический комплекс, электронное учебное пособие, гипертекстовые технологии, педагогические наблюдения

STRUCTURE OF INFORMATION SUPPORT OF THE PRACTICAL TRAINING IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS OF EMERCOM OF RUSSIA

T.A. Kuzmina; A.A. Kuzmin.

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

Need of formation of professional competences when carrying out a practical training is shown. Possibilities of various carriers of educational information from the point of view of convenience of use, availability, requirements to audience, variability, adaptability to features of students, connections to external sources of information are analysed. The possible structure of the electronic manual executed with use of hypertext technologies is presented. Results of pedagogical observations on use of modern information and communication technologies on a practical training are considered.

Keywords: professional competences, practical occupation, competence-based focused individual settlement tasks, educational and methodical complex, electronic manual, hypertext technologies, pedagogical observations

Будущие специалисты федеральной противопожарной службы (ФПС) при обучении в пожарно-технических вузах в соответствии с [1] должны овладеть необходимыми для выполнения своих служебных обязанностей общекультурными компетенциями (ОК), общепрофессиональными компетенциями (ОПК), профессиональными компетенциями (ПК), такими как:

ОК-1, которая предполагает у специалиста необходимое абстрактное мышление, а также наличие способности к синтезу и анализу;

ОПК-1, которая предусматривает способность специалистом решать задачи профессиональной деятельности на основе применения информационно-коммуникационных технологий при учете необходимых требований к информационной безопасности;

ПК-4, которая требует от специалиста способности использовать методы расчета основополагающих параметров систем и технологических процессов в обеспечении пожарной безопасности;

ПК-40, наличие которой у специалиста говорит о его способности к систематическому изучению научно-технической информации, содержащей отечественный и зарубежный опыт в обеспечении пожарной безопасности.

Вышеперечисленные ПК формируются, в том числе, и дисциплинами естественно-научного и общетехнического циклов при проведении практических занятий (ПЗ) в ходе решения практических задач, а также выполнения компетентностно-ориентированных индивидуальных расчетных заданий (КО ИРЗ). Содержание КО ИРЗ обуславливает необходимость формирования у обучающегося новых ПК или переход на следующий, более высокий уровень уже сформированной ПК.

Организация эффективного учебного процесса предполагает наличие у обучающихся как в аудиторный, так и во внеаудиторный период необходимых учебно-методических материалов, базовой составляющей которых является информационная компонента. Объем представленной информации, форма и технические возможности ее представления обучающимся в значительной степени определяют эффективность формирования новых ПК [2]. В свою очередь, вид носителей учебной информации определяет как объем представленной информации, так и ее доступность. Первичным в определении параметров информационной поддержки практического занятия является его педагогическая модель [3]. Один из вариантов такой модели практического занятия по дисциплинам общетехнического цикла применительно к особенностям учебного процесса в пожарно-технических вузах представлен на рис. 1.

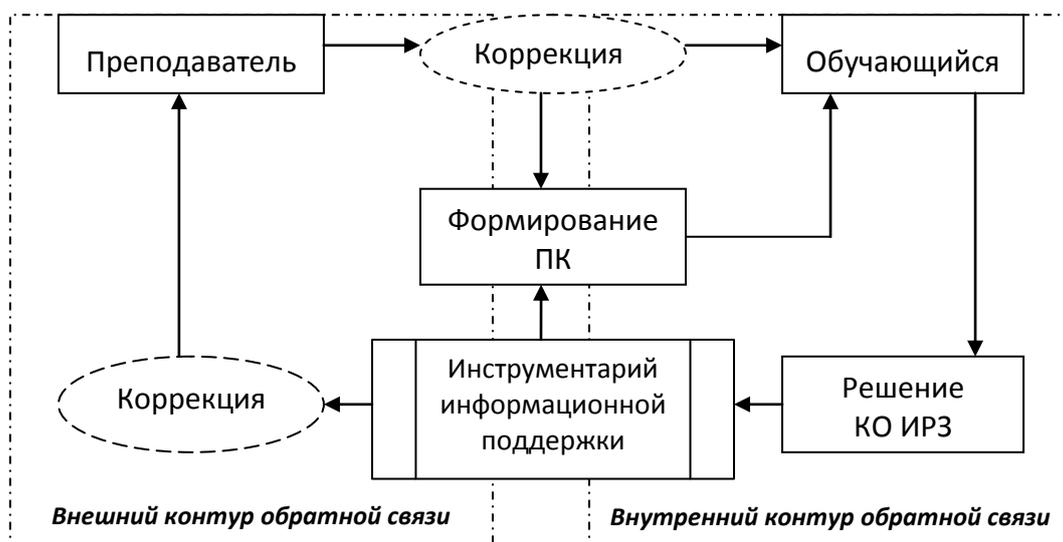


Рис. 1. Педагогическая модель формирования ПК на ПЗ в процессе выполнения КО ИРЗ

Центром предлагаемой педагогической модели является процесс самостоятельного выполнения КО ИРЗ обучающимся, в ходе которого и происходит формирование ПК, однако для повышения эффективности этого процесса, кроме обеспечения индивидуальности предлагаемых КО ИРЗ и выдачи необходимого справочного материала, необходимо организовать информационную поддержку:

- самоконтроля обучающимся промежуточных результатов в формировании ПК (внутренний контур обратной связи);
- окончательного контроля результатов формирования ПК преподавателем (внешний контур обратной связи).

Поставленные задачи определяют требования в возможной структуре информационного обеспечения процесса формирования ПК на ПЗ в ходе выполнения КО ИРЗ, представленной на рис. 2.

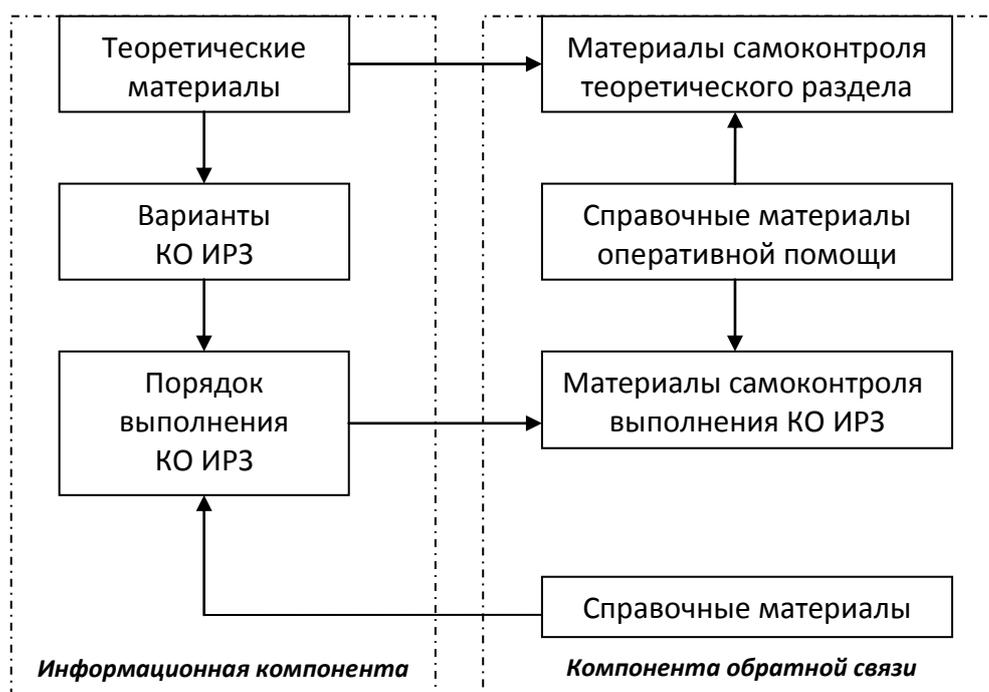


Рис. 2. Структура информационного обеспечения выполнения КО ИРЗ при проведении ПЗ

Собственно функцию информационной поддержки в узком смысле традиционные формы носителей в виде «бумажного» учебного пособия выполняют вполне удовлетворительно, за исключением преодоления неизбежно возникающих технико-экономических проблем при возможном обновлении учебного материала.

С информационно-методической поддержкой процедуры самоконтроля обучающимся все обстоит значительно сложнее. Определенным паллиативом является введение в теоретические материалы достаточного количества контрольных вопросов, пересекающихся в своей номенклатуре с вопросами итогового теста. И, если следует об этом предупреждение преподавателя, то педагогические наблюдения дают основания полагать, что этот педагогический прием достаточно эффективен, хотя работает он с некоторым лагом. Если проблема самоконтроля усвоения теоретического раздела может быть решена переходом к обучающим программам – линейным по Б. Скиннеру либо разветвленным по Ч. Кроудеру, то поддержку процедуры самоконтроля выполнения КО ИРЗ применением традиционных носителей информации осуществить сложно [4].

Поэтому требования к организации современного компетентностно-ориентированного учебного процесса неизбежно приводят к необходимости перехода в технических вузах от традиционных (бумажных) к электронным носителям информации в поддержке самостоятельного выполнения обучающимися КО ИРЗ.

Прежде всего, необходимо определиться в преимущественном способе хранения и представления учебной информации:

- не связанные сетью персональные компьютеры, расположенные в специализированной учебной аудитории;
- локальная сеть персональных компьютеров специализированной учебной аудитории с возможностью беспроводного подключения, в том числе через мобильные устройства других пользователей или без таковой;
- кафедральная локальная сеть, объединяющая персональные компьютеры нескольких учебных аудиторий с возможностью беспроводного подключения, в том числе через мобильные устройства других пользователей или без таковой;
- университетская локальная сеть, объединяющая локальные сети нескольких кафедр с возможностью беспроводного подключения, в том числе через мобильные устройства или без таковой;
- информационно-телекоммуникационная сеть Интернет с возможностью беспроводного подключения, в том числе через мобильные устройства, бесплатно для пользователей.

Принятие решения о преимущественном способе хранения и представления учебной информации позволит определиться с форматом информационных файлов с возможными расширениями, в частности: *.doc (*.docx, *.rtf и др.), *.xls (*.xlsx и др.), *.pdf, *.ppt (*.pptx и др.), а отсюда будут вытекать и требования к аппаратным возможностям персональных компьютеров [5].

После определения преимущественного способа хранения и представления учебной информации возникают предпосылки последовательного решения целого ряда проблем организационно-технического и методического характера:

- оценка эффективности использования в учебном процессе существующих учебно-методических материалов на новых носителях, определение объема необходимой коррекции;
- выявление оптимального соотношения в использовании традиционных (бумажных) и электронных носителей в информационном обеспечении процесса завершения выполнения КО ИРЗ обучающимися во внеаудиторный период;
- преодоление стереотипов в организации учебного процесса в части существующих запретов использования обучающимися личных гаджетов (ноутбуков, планшетов, смартфонов и пр.) при проведении плановых занятий в учебных аудиториях;

– нахождение путей преодоления проблем, связанных с проведением занятий в неспециализированных аудиториях, в которых отсутствует необходимое для проведения данного ПЗ программное и/или аппаратное обеспечение.

Вышеперечисленные обстоятельства требуют поиска нелинейных, комплексных решений в информационном обеспечении в проведении ПЗ с вычленением основных функций программно-аппаратного обеспечения:

– создание управляющей оболочки, позволяющей обучающемуся легко переходить к тем или иным компонентам информационного обеспечения;

– формирование основного «тела» электронного документа, обеспечивающего информационную поддержку процесса формирования ПК при выполнении обучающимся КО ИРЗ в аудиторный период;

– согласование содержания электронной версии, предназначенной для работы обучающегося в аудитории на плановом занятии, с существующими традиционными (бумажными) средствами информационной поддержки внеаудиторной самостоятельной работы по завершению выполнения КО ИРЗ и/или создание новых, основанных на применении современных информационно-коммуникационных технологий.

Наиболее жизненными представляются две схемы:

– управляющая оболочка формата *.ppt (*.pptx и др.), информационный компонент аудиторного периода выполнения КО ИРЗ формата *.pdf, внеаудиторная поддержка осуществляется при помощи традиционных средств (полиформатная схема);

– все компоненты информационной поддержки выполняются в одном формате, например, ASP или PHP с использованием гипертекстовой разметки html и управляются посредством браузера (моноформатная схема).

Интерфейс управляющей оболочки формата *.ppt представлен на рис. 3.



Рис. 3. Интерфейс управляющей оболочки информационного комплекса поддержки выполнения КО ИРЗ

Преимущества использования полиформатной схемы в информационном обеспечении процесса формирования ПК состоят в:

– возможности одновременной работы обучающегося с информационными материалами различных, ставших уже традиционными, форматов *.ppt, *.djvu, *.pdf, то есть поддерживается обращение к сторонним методическим материалам (например, к монографиям, учебникам, учебным пособиям, изданным в других учебных заведениях);

– относительно низкой трудоемкости при переформатировании подготовленных к изданию материалов формата *.doc в другие форматы с их последующим использованием под управлением специальной оболочки и, как следствие этого, информационной согласованности материалов для аудиторной и внеаудиторной самостоятельной работы;

– отсутствие технических проблем в использовании специализированных программных продуктов (например, электронной таблицы Excel, математических пакетов MathCad или Elcut) при проведении вычислений в ходе выполнения КО ИРЗ.

Однако педагогические наблюдения в ходе проведения практических занятий по дисциплинам теплотехнического и электротехнического направлений, а также многочисленные беседы с обучающимися позволили выявить следующие проблемы в использовании полиформатной схемы построения информационных материалов в обеспечении формирования ПК на практических занятиях при выполнении КО ИРЗ:

– жесткая привязка возможности использования программного обеспечения, построенного по полиформатной схеме, к специализированным аудиториям вследствие технических сложностей в инсталляции программного продукта на персональные компьютеры аудитории;

– невозможность использования такой оболочки для организации информационного обеспечения внеаудиторной самостоятельной работы обучающегося вследствие тех же технических сложностей в инсталляции такой оболочки на его персональный гаджет;

– технические сложности в организации контекстной помощи обучающемуся при его затруднениях в выполнении КО ИРЗ, обеспечивающей внутренний контур обратной связи, особенно актуальной во внеаудиторный период.

Решение вышеперечисленных проблем может лежать в русле перехода к моноформатной схеме информационного обеспечения обучающихся на ПЗ. В этом случае на базе использования гипертекстовых технологий возможно формирование виртуального учебно-методического комплекса (УМК). При помощи такого УМК можно обеспечить информационную поддержку как аудиторного, так и внеаудиторного этапов выполнения обучающимися КО ИРЗ и формирования у них новых ПК. Интерфейс виртуального УМК «Теплотехника» формата *.html представлен на рис. 4.

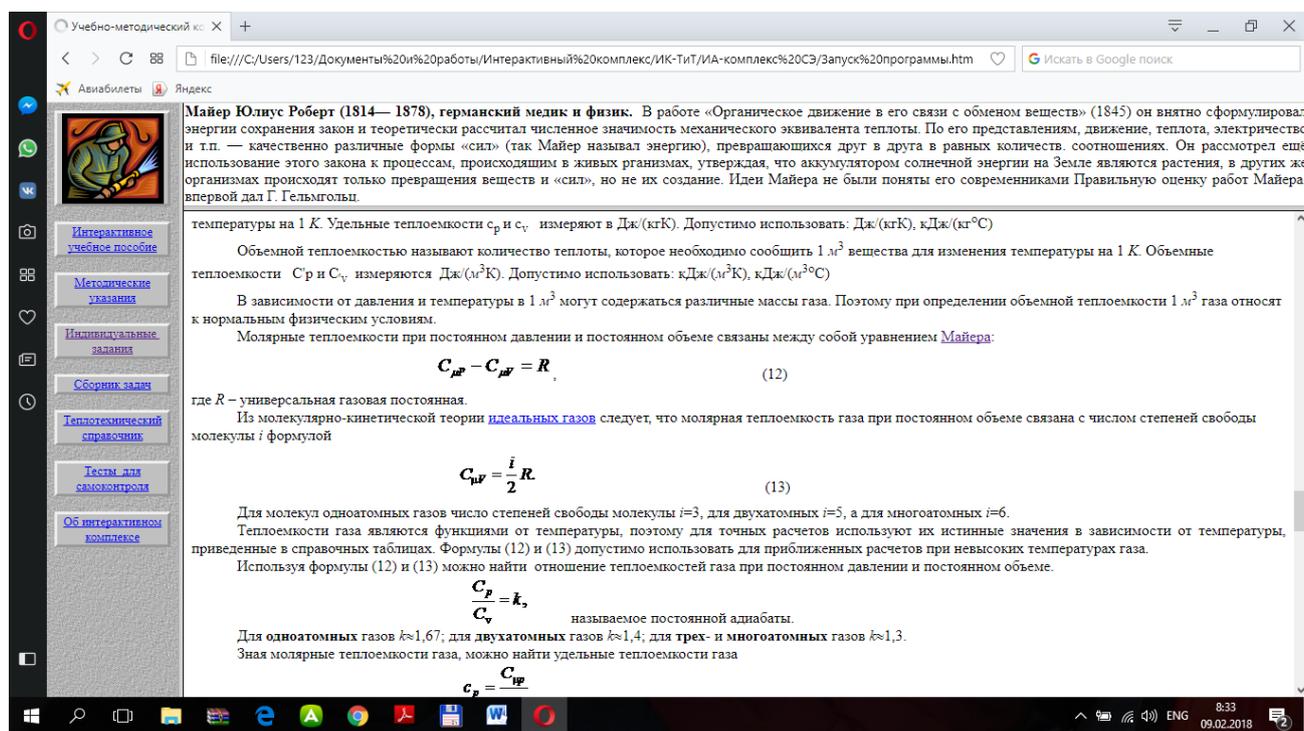


Рис. 4. Интерфейс виртуального УМК «Теплотехника» поддержки выполнения КО ИРЗ

Виртуальный УМК «Теплотехника» формата *.html требует предварительной загрузки какого-либо браузера и выполнен с использованием достаточно распространенного инструмента MS FrontPage 11.8339.8405-SP3 [6].

Интерфейс управляющей оболочки виртуального УМК «Теплотехника» выполнен в трехконном формате, при этом наибольшую площадь имеет центральное (информационное) окно, в которое выводится текущая информация в гипертекстовом исполнении, которая может содержать интерактивное учебное пособие «Термодинамика и теплопередача», методические указания по изучению курса, набор КО ИРЗ, сборник практических задач, теплотехнический справочник, тесты самоконтроля. Впрочем, тесты самоконтроля выполнены в формате *.xls, так что моноформатность виртуального УМК «Теплотехника» носит условный характер.

В относительно узком левом окне экрана резидентно размещаются элементы управления главным меню виртуального УМК «Теплотехника», позволяющие осуществить оперативный переход к другой информационной составляющей на любой стадии работы с компонентами УМК.

Верхнее окно, высоту которого по мере необходимости можно регулировать, предназначено для контекстной помощи (например, рис. 4 иллюстрирует вывод соответствующей биографической информации о личности Юлиуса Роберта Майера).

Таким образом, возможности гипертекстовой технологии и контекстная помощь позволяют организовать контур внутренней обратной связи, а наличие тестов самоконтроля – контур внешней обратной связи, что способствует повышению эффективности формирования необходимых ПК у обучающихся в процессе выполнения ими КО ИРЗ в аудиторный период ПЗ, а также в ходе внеаудиторной самостоятельной работы.

Литература

1. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по специальности 20.05.01 Пожарная безопасность (уровень специалитета), утвержденный Приказом Министерства образования и науки Рос. Федерации от 17 авг. 2015 г. № 851. URL: <http://www.edu.ru/documents/view/61875/>
2. Медведева Л.В., Родина М.В. Формирование профессиональных компетенций в образовательной среде естественно-научных дисциплин // Науч.-аналит. журнал «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2015. № 1. С. 178–185.
3. Абросимов А.Г. Информационно-образовательная среда учебного процесса в вузе. М.: Образование и Информатика, 2004. 256 с.
4. Glaser R. Probleme der Erforschung des automatisierten Lehrens. Unterrichtsprogrammierung und Stoffanordnung. In: Programmiertes Lernen und Lehrmaschinen. W. Correll (Hrsg.) Berlin, Deutshe Verlag Wiss, 1995.
5. Компьютерные технологии в науке и образовании: учеб. пособие / А.И. Черных [и др.]. Краснодар: КубГТУ, 2011. 224 с.
6. FrontPage | Microsoft Docs. URL: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/front-page/> (дата обращения: 26.01.2018).



СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Волик Андрей Сергеевич – зам. нач. каф. тактики и авар.-спас. работ Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: a.s.volik@mail.ru;

Воронин Сергей Владимирович – доц. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Иванов Алексей Владимирович – доц. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Ивахнюк Григорий Константинович – проф. каф. пож. безопасн. технол. проц. и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р хим. наук, проф.;

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

Кожевникова Наталья Юрьевна – доц. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. хим. наук, доц.;

Коробейникова Елена Германовна – проф. каф. физ.-хим. основ проц. горения и тушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. хим. наук, доц.;

Кошелева Елена Владимировна – зам. нач. отд. тематич. обработки и анализа упр. косм. монитор. НЦУКС (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1);

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

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

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

Леденцов Сергей Александрович – зам. нач. отд. (разв. и взаимодей.) упр. косм. монитор. НЦУКС (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1);

Макарчук Галина Васильевна – препод. каф. систем жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. пед. наук, доц.;

Медведева Людмила Владимировна – зав. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пожарной безоп. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р пед. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

Остудин Никита Вадимович – ст. спец. отдела внедрен. инф. сист. упр. разраб. и внед. информ. технолог. НЦУКС (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1), канд. техн. наук;

Панфилова Лола Насимовна – ст. препод. каф. сервис безопасности СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

Пермяков Алексей Александрович – зам. нач. каф. физ.-техн. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: jouker2005@yandex.ru, канд. пед. наук;

Провоторов Роман Сергеевич – зам. нач. упр. – нач. отд. (разв. и взаимодей.) упр. косм. монитор. НЦУКС (121357, Москва, ул. Ватутина, д. 1, стр. 1);

Речкин Владимир Игоревич – курсант Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: davi1_96ru@mail.ru;

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

Ручкин А.А. – препод. каф. систем жизнеобеспеч. объектов воен. инфраструктуры Воен. ин-та (инж.-техн.) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева (199034, Санкт-Петербург, наб. Макарова, д. 8), канд. техн. наук;

Скрипник Игорь Леонидович – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

Троянов Олег Михайлович – доц. каф. сервис безопасности СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. воен. наук, доц.;

Хальченко Тимур Павлович – курсант Дальневосточ. пож.-спас. акад. – филиала СПб ун-та ГПС МЧС России (690922, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, д. 27), e-mail: khacochen@mail.ru.



ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

Старейшее учебное заведение пожарно-технического профиля России образовано 18 октября 1906 г., когда на основании решения Городской Думы Санкт-Петербурга были открыты Курсы пожарных техников. Наряду с подготовкой пожарных специалистов, учебному заведению вменялось в обязанность заниматься обобщением и систематизацией пожарно-технических знаний, оформлением их в отдельные учебные дисциплины. Именно здесь были созданы первые отечественные учебники, по которым обучались все пожарные специалисты страны.

Учебным заведением за вековую историю подготовлено более 40 тыс. специалистов, которых всегда отличали не только высокие профессиональные знания, но и беспредельная преданность профессии пожарного и верность присяге. Свидетельство тому – целый ряд сотрудников и выпускников вуза, награжденных высшими наградами страны, среди них: кавалеры Георгиевских крестов, четыре Героя Советского Союза и Герой России. Далеко не случаен тот факт, что среди руководящего состава пожарной охраны страны всегда было много выпускников учебного заведения.

Сегодня федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в российское и мировое научно-образовательное пространство. Университет по разным формам обучения – очной, заочной и заочной с применением дистанционных технологий – осуществляет обучение по 25 программам среднего, высшего образования, а также подготовку специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовку и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

Начальник университета – генерал-лейтенант внутренней службы, кандидат экономических наук Чижиков Эдуард Николаевич.

Основным направлением деятельности университета является подготовка специалистов в рамках специальности «Пожарная безопасность». Вместе с тем организована подготовка и по другим специальностям, востребованным в системе МЧС России. Это специалисты в области системного анализа и управления, законодательного обеспечения и правового регулирования деятельности МЧС России, психологии риска и чрезвычайных ситуаций, экономической безопасности в подразделениях МЧС России, пожарно-технической экспертизы и дознания. По инновационным программам подготовки осуществляется обучение специалистов по специализациям «Руководство проведением спасательных операций особого риска» и «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций» со знанием иностранных языков, а также подготовка специалистов для военизированных горноспасательных частей по специальности «Горное дело».

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают: 7 заслуженных деятелей науки Российской Федерации, 11 заслуженных работников высшей школы Российской Федерации, 2 заслуженных юриста Российской Федерации, заслуженные изобретатели Российской Федерации и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время осуществляют 56 докторов наук, 277 кандидатов наук, 58 профессоров, 158 доцентов, 12 академиков отраслевых академий, 8 членов-корреспондентов отраслевых академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего

профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

- 32 кафедры;
- Институт безопасности жизнедеятельности;
- Институт заочного и дистанционного обучения;
- Институт нравственно-патриотического и эстетического развития;
- Институт профессиональной подготовки;
- Институт развития;
- Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;
- Дальневосточная пожарно-спасательная академия – филиал университета (ДВПСА);
- пять факультетов: факультет инженерно-технический, факультет экономики и права, факультет подготовки кадров высшей квалификации, факультет пожарной безопасности (подразделение ДВПСА), факультет дополнительного профессионального образования (подразделение ДВПСА).

Институт безопасности жизнедеятельности осуществляет образовательную деятельность по программам высшего образования по договорам об оказании платных образовательных услуг.

Приоритетным направлением в работе Института заочного и дистанционного обучения является подготовка кадров начальствующего состава для замещения соответствующих должностей в подразделениях МЧС России.

Институт развития реализует дополнительные профессиональные программы по повышению квалификации и профессиональной переподготовке в рамках выполнения государственного заказа МЧС России для совершенствования и развития системы кадрового обеспечения, а также на договорной основе.

Научно-исследовательский институт перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности осуществляет реализацию государственной научно-технической политики, изучение и решение научно-технических проблем, информационного и методического обеспечения в области пожарной безопасности. Основные направления деятельности научно-исследовательского института: организационное и научно-методическое руководство судебно-экспертными учреждениями федеральной противопожарной службы МЧС России; сертификация продукции в области пожарной безопасности; проведение испытаний и разработка научно-технической продукции в области пожарной безопасности; проведение расчетов пожарного риска и расчетов динамики пожара с использованием компьютерных программ.

Факультет инженерно-технический осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Пожарная безопасность» (специализации: «Пожаротушение», «Государственный пожарный надзор», «Руководство проведением спасательных операций особого риска», «Проведение чрезвычайных гуманитарных операций»), «Судебная экспертиза», по направлениям подготовки: «Системный анализ и управление», «Техносферная безопасность».

Факультет экономики и права осуществляет подготовку специалистов по специальностям: «Правовое обеспечение национальной безопасности», «Пожарная безопасность» (специализация «Пожарная безопасность объектов минерально-сырьевого комплекса»), «Судебная экспертиза», «Горное дело» и по направлениям подготовки «Техносферная безопасность» и «Системный анализ и управление».

Факультет подготовки кадров высшей квалификации осуществляет подготовку докторантов, адъюнктов, аспирантов по очной и заочной формам обучения.

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск, Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета

за рубежом: г. Алма-Ата (Республика Казахстан), г. Баку (Азербайджанская Республика), г. Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

Общее количество обучающихся в университете по всем специальностям, направлениям подготовки, среднему общему образованию составляет 7 057 человек. Ежегодный выпуск составляет более 1 100 специалистов.

В университете действует два диссертационных совета по защите диссертаций на соискание ученой степени доктора и кандидата наук по техническим и экономическим наукам.

Ежегодно университет проводит научно-практические конференции различного уровня: Всероссийскую научно-практическую конференцию «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международную научно-практическую конференцию «Подготовка кадров в системе предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций». Совместно с Северо-Западным отделением Научного Совета РАН по горению и взрыву, Российской академией ракетных и артиллерийских наук (РАРАН), Балтийским государственным техническим университетом «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова и Российской секцией Международного института горения на базе университета проводится Международная научно-практическая конференция «Комплексная безопасность и физическая защита». Также университет принимает активное участие в организации и проведении Всероссийского форума МЧС России и общественных организаций «Общество за безопасность».

Университет ежегодно принимает участие в выставках, организованных МЧС России и другими ведомствами и организациями. Традиционно большим интересом пользуется выставочная экспозиция университета на Международном салоне средств обеспечения безопасности «Комплексная безопасность», Петербургском международном экономическом форуме, Международном форуме «Арктика: настоящее и будущее».

Международная деятельность вуза направлена на всестороннюю интеграцию университета в международное образовательное пространство. На сегодняшний момент университет имеет 18 действующих соглашений о сотрудничестве с зарубежными учебными заведениями и организациями, среди которых центры подготовки пожарных и спасателей Германии, КНР, Франции, Финляндии.

В университете обучаются иностранные курсанты из числа сотрудников Государственной противопожарной службы МЧС Кыргызской Республики и Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан в пределах квот на основании межправительственных соглашений и постановления Правительства Российской Федерации от 7 декабря 1996 г. № 1448 «О подготовке лиц офицерского состава и специалистов для правоохранительных органов и таможенных служб государств-участников СНГ в образовательных учреждениях высшего профессионального образования Российской Федерации». В настоящее время в университете проходят обучение 30 сотрудников Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан и 15 сотрудников МЧС Кыргызской Республики.

В соответствии с двусторонними соглашениями университет осуществляет обучение по программам повышения квалификации. Регулярно проходят обучение в университете специалисты Российско-сербского гуманитарного центра, Российско-армянского центра гуманитарного реагирования, Международной организации гражданской обороны, Министерства нефти Исламской Республики Иран, пожарно-спасательных служб Финляндии, Туниса, Республики Корея и других стран.

Преподаватели, курсанты и студенты университета имеют возможность проходить стажировку за рубежом. За последнее время стажировки для профессорско-преподавательского состава и обучающихся в университете были организованы в Германии, Сербии, Финляндии, Швеции.

В университете имеются возможности для повышения уровня знания английского языка. Организовано обучение по программе дополнительного профессионального

образования «Переводчик в сфере профессиональной коммуникации» студентов, курсантов, адъюнктов и сотрудников.

Компьютерный парк университета составляет более 1 200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

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

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонды библиотеки университета составляют более 350 700 экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Они имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача. Это дает возможность в кратчайшие сроки довести книгу до пользователя.

Читальные залы (общий и профессорский) библиотеки оснащены компьютерами с выходом в Интернет, Интранет, НЦУКС и локальную сеть университета. Создана и функционирует Электронная библиотека, она интегрирована с электронным каталогом. В сети Интранет работает Единая ведомственная электронная библиотека МЧС России, объединяющая библиотеки системы МЧС России.

В Электронной библиотеке оцифровано 2/3 учебного и научного фонда. К электронной библиотеке подключены: Дальневосточный филиал и библиотека Арктического спасательного учебно-научного центра «Вытегра». Имеется доступ к Президентской библиотеке им. Б.Н. Ельцина. Заключены договоры с ЭБС IPRbooks и ЭБС «Лань» на пользование и просмотр учебной и научной литературы в электронном виде. Имеется 8 000 точек доступа.

В фондах библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 121 экземпляр. На 2019 г., в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, выписано 80 наименований журналов и газет. Все поступающие периодические издания расписываются библиографом для электронных каталога и картотеки. Издания периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб вуза.

Полиграфический центр университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и единый план изготовления печатной продукции МЧС России. Университет издает 8 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных мероприятий, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства Российской Федерации и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс (ISSN). Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень рецензируемых научных журналов, в которых публикуются основные научные результаты

диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук».

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

На базе Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России 1 июля 2013 г. открыт Кадетский пожарно-спасательный корпус.

Кадетский пожарно-спасательный корпус осуществляет подготовку кадет по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом дополнительных образовательных программ. Основные особенности деятельности корпуса – интеллектуальное, культурное, физическое и духовно-нравственное развитие кадет, их адаптация к жизни в обществе, создание основы для подготовки несовершеннолетних граждан к служению Отечеству на поприще государственной гражданской, военной, правоохранительной и муниципальной службы.

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

Деятельность команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) включает в себя участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС.

В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете Институте нравственно-патриотического и эстетического развития. Творческий коллектив университета принимает активное участие в ведомственных, городских и университетских мероприятиях, направленных на эстетическое и патриотическое воспитание молодежи, а также занимает призовые места в конкурсах, проводимых на уровне университета, города и МЧС России. На каждом курсе организована работа по созданию и развитию творческих объединений по различным направлениям: студия вокала, студия танцев, клуб веселых и находчивых. Для курсантов и студентов действует студия ораторского искусства, команда технического обеспечения, духовой оркестр.

На территории учебного заведения создается музей истории Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, в котором обучающиеся и сотрудники, а также гости университета смогут познакомиться со всеми этапами становления учебного заведения – от курсов пожарных техников до университета.

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



АВТОРАМ ЖУРНАЛА

«ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

(ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

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

1. Материалы для публикации представляются куратору журнала. Материал должен сопровождаться:

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

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

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

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

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

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

3. Оформление текста:

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

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

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

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

4. Оформление формул в тексте:

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

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

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

5. Оформление рисунков и таблиц:

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

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

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

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

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

6. Оформление библиографии (списка литературы):

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

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

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

Литература

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

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

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

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

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

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

7. Об аварийно-спасательных службах и статусе спасателей: Федер. закон Рос. Федерации от 22 авг. 1995 г. № 151-ФЗ // Собр. законодательства Рос. Федерации. 1995. № 35. Ст. 3 503.

7. Оформление раздела «Сведения об авторах»

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

Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.

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

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



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

Научно-аналитический журнал

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

№ 2 (30) – 2019

Выпускающий редактор
П.А. Болотова
А.В. Домничева

Подписано в печать 28.06.2019. Формат 60×84_{1/8}.
Усл.-печ. 8,25 л. Тираж 1000 экз. Зак. №

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