

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

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

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

**№ 2 (14) – 2015**

**Редакционный совет**

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

**Заместитель председателя** – доктор технических наук, профессор **Минкин Денис Юрьевич**, заместитель начальника университета по научной работе.

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

**Члены редакционного совета:**

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

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

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

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

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

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

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

**Секретарь совета:**

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

## **Редакционная коллегия**

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

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

**Члены редакционной коллегии:**

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

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

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

кандидат технических наук, доцент **Романов Николай Николаевич**, доцент кафедры физики и теплотехники;

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

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

**Секретарь коллегии:**

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



# СОДЕРЖАНИЕ

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

|   |    |
|---|----|
| Кутузов В.В., Полянская Т.В., Поваров А.В. К вопросу о вероятностных оценках обнаружения пожара системами пожарной сигнализации ..... | 5  |
| Савчук О.Н. О совершенствовании методики оперативного выявления последствий наводнений .....  | 8  |
| Заборский Б.В., Потапов С.И. Упрощенный метод оценки лесопожарной обстановки ...  | 17 |

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

|   |    |
|---|----|
| Веттегрень В.И., Ляшков А.И., Щербаков И.П. Наносекундная динамика разрушения полимерного огнестойкого композита при ударе и трении .....   | 24 |
| Мешалкина М.Н., Цветков В.А., Попов Б.И. Обнаружение пожароопасной ситуации по контролю газовыделений и наночастиц аэрозолей .....  | 27 |
| Галышев Ю.В., Шабанов А.Ю., Толочко О.В., Бреки А.Д., Ивановский Д.К. Перспективное антифрикционное противоизносное покрытие поршней двигателей внутреннего сгорания на базе нанопорошков дихалькогенидов вольфрама ..... | 33 |
| Казакова Н.Р., Иванов А.В., Ивахнюк Г.К., Скрипник И.Л. Идентификация автомобильных бензинов методами атомно-силовой микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния .....  | 38 |

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

|  |    |
|--|----|
| Гусев Н.Н., Прозоровская С.Д., Бажухин А.В. Проблемные вопросы создания и эксплуатации систем контроля безопасности зданий и сооружений опасных производственных объектов и гидротехнических сооружений .....                              | 45 |
| Зубаха А.М., Подружкина Т.А. Оценка учебно-материальной базы кафедры .....   | 53 |
| Медведева Л.В., Кузьмина Т.А. Интегративная модель повышения квалификации специалистов судебно-экспертных учреждений Государственной противопожарной службы с использованием информационно-коммуникационного методического комплекса ..... | 57 |
| Онов В.А., Павлов Д.В. Использование таксономических методов для формирования учебных задач тренажных средств .....  | 65 |
| Сведения об авторах .....  | 70 |
| Информационная справка .....   | 72 |
| Авторам журнала «Природные и техногенные риски» (физико-математические и прикладные аспекты) .....   | 80 |

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

**ISSN 2307-7476**

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

---

---

# МОНИТОРИНГ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРИРОДНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ

---

---

## К ВОПРОСУ О ВЕРОЯТНОСТНЫХ ОЦЕНКАХ ОБНАРУЖЕНИЯ ПОЖАРА СИСТЕМАМИ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ

**В.В. Кутузов, кандидат технических наук, доцент;**

**Т.В. Полянская.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**А.В. Поваров.**

**14 отряд Федеральной противопожарной службы по г. Санкт-Петербургу**

Рассмотрены вопросы оценки эффективности систем пожарной сигнализации, проанализированы причины ложных срабатываний систем, предложены математические зависимости оценки вероятностных характеристик достоверного обнаружения пожара.

*Ключевые слова:* эффективность системы, ложные срабатывания, пожарная сигнализация, информационная безопасность

## TO THE QUESTION OF PROBABILITY ESTIMATES OF DETECTION OF FIRE BY FIRE ALARM SYSTEMS

V.V. Kutuzov; T.V. Polyanskaya.

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

A.V. Povarov. 14 Federal fire service group around the city to Saint-Petersburg

Questions of an assessment of effectiveness of fire alarm systems are considered, the reasons of malfunctioning of systems are analyzed, mathematical dependences of an assessment of a probabilistic characteristic of reliable detection of the fire are offered.

*Keywords:* system effectiveness, malfunctioning, fire alarm system, information security

Действующие нормативные документы в области противопожарной защиты [1–3] определяют основные цели создания противопожарной защиты – это защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий.

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение его последствий обеспечиваются снижением динамики нарастания опасных факторов пожара, эвакуацией людей и имущества в безопасную зону и (или) тушением пожара.

В соответствии с Федеральным законом от 22 июля 2008 г. № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (ФЗ № 123-ФЗ) системы пожарной сигнализации должны обнаруживать загорание и передавать сообщение о пожаре в дежурную службу пожарной части за время от 3 до 14 мин, время на прибытие к месту

пожара подразделений пожарной охраны не должно превышать 10 мин в городских условиях и 20 мин для сельской местности (рис.).



Рис. Шкала времени обнаружения и реагирования на сигнал «ПОЖАР»

Позднее время обнаружения пожара или запаздывание передачи информации о пожаре в дежурную пожарную часть зачастую приводит к задержке выезда и, как следствие, – тяжелым последствиям, таким как гибель людей, уничтожение имущества и др.

Эффективность технических средств противопожарной защиты зависит от экономического эффекта их применения, надежности, живучести, устойчивости технической системы и способности выполнения функций основного назначения.

В данной статье не будут рассматриваться вопросы оценки экономической эффективности применения систем противопожарной защиты, ввиду того что эти методики известны.

Надежность системы – это свойство системы сохранять во времени, в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения (технического обслуживания, хранения и транспортирования) [1].

Под живучестью системы понимается способность ее к сохранению своих основных функций (хотя бы с допустимой потерей качества их выполнения) при воздействии факторов внешней среды катастрофического характера – неблагоприятных условий эксплуатации [1].

Системы пожарной автоматики должны сохранять свою работоспособность как в условиях нормальной эксплуатации, так и в режиме «тревоги», то есть в условиях пожара. Если разделить факторы, которые могут привести к отказу системы, на внутренние (возникают в самой системе во время нормального периода эксплуатации) и внешние (воздействуют на систему извне во время неблагоприятных условий эксплуатации), то получится, что параметр надежности отвечает за работу системы под действием внутренних факторов, а живучесть – под действием внешних. Устойчивость же – это суммирующий параметр, то есть способность.

Вместе с тем системы пожарной сигнализации, на которых выполнены все условия надежности, живучести, устойчивости могут оказаться неэффективными, то есть системы не могут выполнить функции основного назначения – своевременно обнаружить пожар. Примером может послужить ситуация, когда пожар в помещении возникает без дыма, с большим выделением тепла, а в системе применяются дымовые пожарные извещатели.

Вероятность эффективной работы системы обнаружения пожара  $P_{ЭО}$  можно определить из выражения:

$$P_{\text{зо}} = P_{\text{фон}} \times P_{\text{бр}},$$

где  $P_{\text{фон}}$  – вероятность выполнения системой функции основного назначения;  $P_{\text{бр}}$  – вероятность безотказной работы этой системы.

Вероятность эффективной работы системы обнаружения пожара – это вероятность того, что в пределах заданной наработки система обеспечивает автоматическое обнаружение пожара за время, определенное для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной эвакуации людей в условиях конкретного объекта (с учетом допустимого пожарного риска) [1].

В комментариях к отдельным статьям ФЗ № 123-ФЗ Всероссийского научно-исследовательского института противопожарной обороны МЧС России «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2] вероятность выполнения системой функции основного назначения предложено принимать равной единице, если система обеспечивает обнаружение пожара в расчетное время и обоснованно выбраны и размещены компоненты системы пожарной сигнализации. Получается, что при правильном выборе технических средств и мест их размещения вероятность эффективной работы систем будет равна вероятности безотказной работы.

Однако следует отметить, что на практике вероятность выполнения системой функции основного назначения  $P_{\text{фон}} = 1$  исключается, так как работа систем пожарной сигнализации связана со сложными стохастическими процессами.

На показатель вероятности выполнения системами пожарной сигнализации функции основного назначения  $P_{\text{фон}}$  будут отрицательно влиять:

- ложные срабатывания систем;
- квалификация операторов;
- текущие изменения в планировке помещений;
- изменения пожарной нагрузки;
- текущие хозяйственные работы, в ходе которых существует вероятность нарушения линии связи и шлейфов сигнализации и др.

Ложные срабатывания систем пожарной сигнализации и могут являться следствием:

- ошибок в проектировании систем;
- низкого качества монтажа систем;
- низкого качества проведения регламентных работ при техническом обслуживании систем;
- электромагнитных помех и др.

Предлагается для оценки вероятности выполнения системой функции основного назначения использовать следующую математическую зависимость:

$$P_{\text{фон}} = \begin{cases} P_{\text{обн}} \cdot P_{\text{опер}} \cdot P_{\text{соуз}}, \text{при}(t_x + t_{\text{реш}} + t_{\text{гот}} + t_{\text{движ}} \leq t_{\text{кр}}) \\ 0, \text{при}(t_x + t_{\text{реш}} + t_{\text{гот}} + t_{\text{движ}} > t_{\text{кр}}) \dots \dots \dots \end{cases},$$

где  $t_x$  – время обнаружения извещателем пожарным (ИП) информационных факторов пожара;  $t_{\text{реш}}$  – время, необходимое оператору принять решение;  $t_{\text{гот}}$  – время готовности сил реагирования;  $t_{\text{движ}}$  – время движения сил реагирования к месту пожара;  $t_{\text{кр}}$  – время достижения критической точки (предел огнестойкости);  $P_{\text{обн}}$  – вероятность обнаружения пожара системой пожарной сигнализации;  $P_{\text{опер}}$  – вероятность правильной оценки принятой информации и принятия решения оператором дежурно-диспетчерской службы;  $P_{\text{соуз}}$  – вероятность выполнения функции основного назначения системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре.

Вероятность обнаружения пожара неадресной системой пожарной сигнализации в контролируемой зоне  $P_{\text{обн}}$  может быть определена выражением:

$$P_{\text{обн}}(t) = P_a(t) P_{\text{ин}}(t) P_{\text{пкн}}(t) P_{\text{шл}}(t) P_{\text{эс}}(t),$$

где  $P_a(t)$  – вероятность попадания факторов пожара в зону обнаружения;  $P_{ип}(t)$  – вероятность безотказной работы ИП;  $P_{ппкл}(t)$  – вероятность безотказной работы прибора приемно-контрольного пожарного;  $P_{шл}(t)$  – вероятность исправности шлейфа сигнализации;  $P_{эс}(t)$  – вероятность безотказной работы источников электроснабжения систем пожарной сигнализации.

Приведенные выше математические зависимости могут быть использованы для оценки вероятности обнаружения пожара системами пожарной сигнализации и при расчетах эффективности технических средств противопожарной защиты.

### **Литература**

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федер. закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ (в ред. от 23 июня 2014 г. с изм. и доп.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Комментарий к отдельным статьям Федер. закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ. URL: [http://www.vniipo.ru/resources/Comment\\_123-FZ\\_2011.zip](http://www.vniipo.ru/resources/Comment_123-FZ_2011.zip) (дата обращения: 03.04.2015).

3. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: Приказ МЧС Рос. Федерации от 30 июня 2009 г. № 382 (в ред. от 12 дек. 2011 г.) (зарег. в Минюсте Рос. Федерации 06 авг. 2009 г. № 14486.). Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

## **О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДИКИ ОПЕРАТИВНОГО ВЫЯВЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ НАВОДНЕНИЙ**

**О.Н. Савчук, кандидат технических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматриваются пути совершенствования прогнозирования последствий наводнений на основе существующей методики поэтапного выявления и оценки обстановки, позволяющей оперативно получить данные прогноза и провести расчет сил и средств Государственной противопожарной службы МЧС России для проведения аварийно-спасательных работ в районе затопления.

*Ключевые слова:* наводнение, интенсивность осадков, аварийно-спасательные работы, глубина затопления

## **ABOUT IMPROVEMENT OF THE TECHNIQUE OF EXPEDITIOUS IDENTIFICATION OF CONSEQUENCES OF FLOODS**

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

In article ways of improvement of forecasting of consequences of floods on the basis of the existing technique of stage-by-stage identification and an assessment of the situation allowing to obtain quickly data of the forecast and to carry out calculation of forces and means of State fire service of EMERCOM of Russia for carrying out a wrecking around flooding are considered.

*Keywords:* flood, intensity of rainfall, wrecking, flooding depth

По масштабам и материальному ущербу в России наводнения занимают одно из первых мест среди стихийных бедствий. Особенностью наводнений, как и других чрезвычайных ситуаций (ЧС) природного характера, является то, что их невозможно предотвратить, только лишь возможно снизить ущерб. Величина ущерба от наводнения в значительной мере зависит от степени заселенности и застройки городов и населенных пунктов [1, 2].

Основными природно-географическими условиями возникновения наводнений являются: выпадение осадков в виде дождя, таяние снега и льда, цунами, тайфуны, опорожнение водохранилищ. Наиболее частые наводнения возникают при обильном выпадении осадков в виде дождя, обильном таянии снега и при заторах льда на реках. Весьма опасны наводнения, связанные с разрушением гидротехнических сооружений (ГЭС, дамбы, плотины).

Для снижения материального ущерба и повышения безопасности населения проводится заблаговременное краткосрочное прогнозирование возможных последствий наводнения [1, 2].

Под краткосрочным прогнозированием следует понимать составление гидрологического прогноза характера и последствий наводнения не более чем за 12–15 дней до наступления предсказываемого явления.

Под паводковым наводнением следует понимать интенсивный, сравнительно кратковременный подъем уровня воды, формируемый сильными дождями.

Для краткосрочного прогнозирования паводкового наводнения заблаговременно должна быть проведена съемка гидрографической сети территории, известна характеристика рек в их естественном состоянии, выявлены факторы и явления, которые могут внести изменения в режим водных преград.

Эти данные могут быть получены из следующих источников: карт, описаний, справочной и специальной литературы. Разнообразные по характеру и степени детализации данные о водных преградах содержат крупномасштабные (1:25000; 1:50000) топографические карты, лоцманские карты, лоции, перспективные карты рек, карты условий проходимости местности, геологические, гидрогеологические, климатологические карты и т.п.

Из справочной и специальной литературы могут быть использованы справочники по климатологии, гидрографии, водному хозяйству и водным ресурсам, атласы физико-географических данных, гидрологические ежегодники и т.п.

На этапе составления краткосрочного прогноза паводкового наводнения должны быть спрогнозированы:

- гидрологические и морфологические характеристики рек;
- возможная обстановка при затоплении местности паводковыми водами;
- оценка обстановки при затоплении местности паводковыми водами;
- силы и средства ликвидации последствий паводкового наводнения.

При составлении прогноза о возможной обстановке должны быть определены следующие показатели: площадь затопления; количество населенных пунктов, попавших в зону затопления; степени и качественные характеристики повреждений зданий жилого фонда (к степеням повреждений зданий следует относить тяжелые повреждения, умеренные и слабые); численность населения, попавшего в зону затопления и его потери; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных коммунально-энергетических сетей; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных мостов; протяженность попавших в зону затопления и поврежденных защитных дамб; количество попавшего в зону затопления скота и его потери; площади попавших в зону затопления и пришедших в негодность посевных площадей; объемы и трудоемкость выполнения аварийно-спасательных работ.

На основе данных возможной обстановки в зоне затопления создается группировка сил ликвидации последствий наводнения, способная провести разведку зоны затопления; спасение пострадавшего населения; организовать строительство пунктов посадки и высадки

пострадавшего населения на все виды транспорта; организовать восстановление автомобильных дорог и железнодорожных магистралей; организовать восстановление поврежденных и строительство (оборудование) новых мостов, новых защитных дамб; организовать восстановление коммунально-энергетических сетей и линий связи; организовать спасение и захоронение погибшего скота.

Методологически целесообразно осуществлять выявление последствий наводнения в два этапа [3], также как и при выявлении последствий техногенных ЧС – выявление обстановки, складывающейся по результатам наводнения, и оценку обстановки в районе после наводнения.

### Выявление обстановки при наводнении

Выявление обстановки при наводнении предусматривает определение глубины затопления и масштабов затопления селитебной части и посевных площадей.

Выявление обстановки при наводнении методом прогнозирования включает:

1. Сбор исходных данных:

– характеристики водного источника (реки): схематическое сечение русла реки (треугольного или трапецидального вида, ширина дна  $a_0$ , м, углы наклона берегов реки, град); площадь выпадения осадков (таяния снега)  $F$ , км<sup>2</sup>; ширина реки до наводнения  $b_0$ , м; глубина реки до наводнения  $h_0$ , м; скорость воды в реке до наступления паводка  $V_0$ , м/с;

– характеристики района (населенного пункта): высота места  $h_m$ , м; тип застройки;

– интенсивность осадков (таяния снега)  $J$ , мм/ч.

2. Определение глубины затопления  $h_3$  (м) и параметров зоны затопления.

3. Нанесение зоны затопления на карту (схему).

Основные параметры расчетной схемы сечения реки представлены на рис. 1.

Глубина затопления определяется по формуле:

$$h_3 = h - h_m, \quad (1)$$

где  $h$  – высота подъема воды в реке при прохождении паводка, м;  $h_m$  – высота места селитебной части населенного пункта, м.

Высоту  $h$  определяют по формуле [3]:

– для треугольного сечения русла реки:

$$h = \left( \frac{2V'_{max} \cdot h_0^{5/3}}{b_0 \cdot V_0} \right)^{3/8} - h_0;$$

– для трапецидального сечения русла реки:

$$h = \left( \frac{2V'_{max} [(b_0 - a_0) / (ctgm + ctgn)]^{5/3}}{b_0 \cdot V_0} \right)^{3/8} - \frac{b_0 - a_0}{ctgm + ctgn}, \quad (2)$$

где  $V'_{max}$  – расход воды после выпадения осадков (таяния снега) и наступления половодья (паводка), м<sup>3</sup>/с;  $b_0$  – ширина реки до наводнения, м;  $a_0$  – ширина дна реки, м;  $m, n$  – углы наклона берегов реки, град;  $h_0$  – глубина реки до наводнения, м;  $v_0$  – скорость течения воды в реке до наступления паводка, м/с.

Расход воды после выпадения осадков (таяния снега) и наступления половодья (паводка) определяется по формуле [4]:

$$V'_{max} = V'_0 + J \cdot F / 3,6, \quad (3)$$

где  $V_0'$  – расход воды в реке до наступления наводнения (паводка), м<sup>3</sup>/с;  $J$  – интенсивность осадков (таяния снега), мм/ч;  $F$  – площадь выпадения осадков (таяния снега), км<sup>2</sup>.

Расход воды в реке до наступления наводнения (паводка) определяют по формуле [4]:

$$V_0' = V_0 \cdot S_0, \quad (4)$$

где  $V_0$  – скорость воды в реке до наступления паводка, м/с;  $S_0$  – площадь сечения русла реки до паводка, м<sup>2</sup>.

Площадь сечения русла реки до паводка определяется по формуле:

– для треугольного сечения:

$$S_0 = 0,5 \cdot b_0 \cdot h_0, \quad (5)$$

– для трапециевидального сечения:

$$S_0 = 0,5 \cdot (a_0 + b_0) \cdot h_0. \quad (6)$$

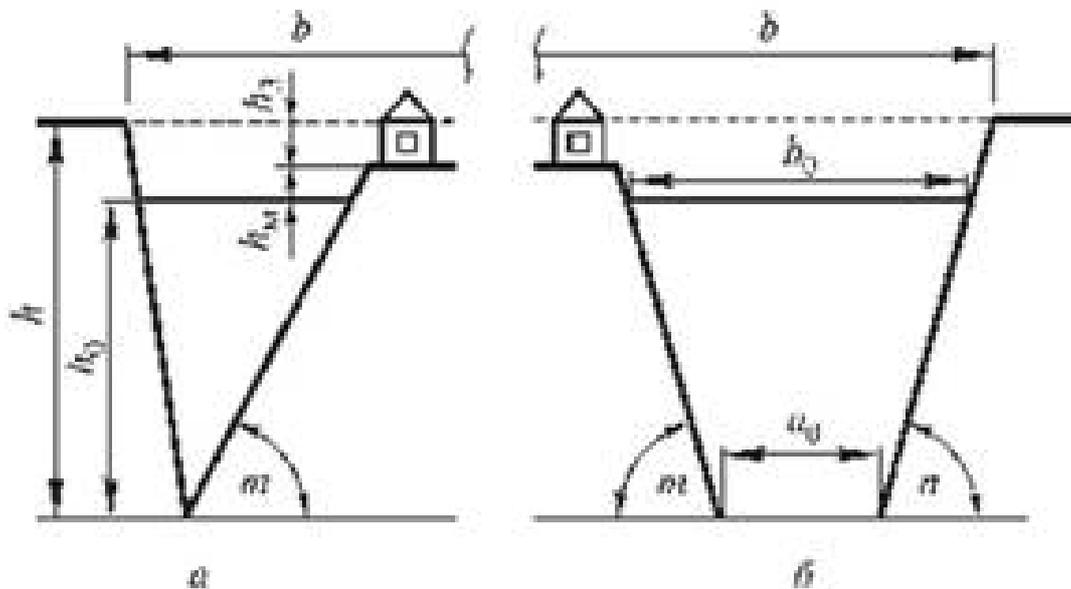


Рис. 1. Расчетная схема сечения реки:

а – треугольное сечение; б – трапециевидальное сечение:  $a_0$  – ширина дна реки;  $b_0, b$  – ширина реки до и во время наводнения;  $h_0, h$  – глубина реки до и во время наводнения;  $h_3$  – глубина затопления;  $h_m$  – высота места;  $m, n$  – углы наклона берегов реки

Расчет параметров затопления предусматривает определение протяженности реки  $l_p$  в пределах населенного пункта (сельскохозяйственных угодий), ширины затопления поймы реки  $Ш_3$ .

Протяженность реки ориентировочно определяется по карте без учета изгибов ее конфигурации.

Ширина затопления поймы реки для треугольного сечения реки (рис. 2) определяется по формуле:

$$Ш_3 = [b_0 + 2h_m \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - m)] + 2l_{\text{низ}} + h_3 \cdot \operatorname{ctg}\alpha + h_3 \cdot \operatorname{ctg}\beta,$$

где  $l_{низ}$  – глубина прибрежной низменной поймы реки, м;  $\alpha, \beta$  – крутизна подъема местности в пойме реки, град.

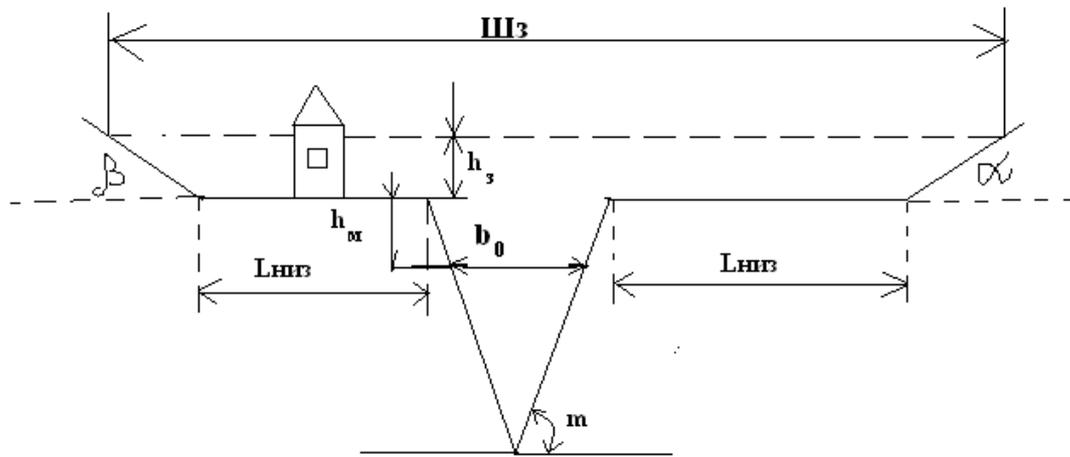


Рис. 2. Расчетная схема определения  $\text{Ш}_з$  для треугольного сечения реки:  
 $b_0$  – ширина реки до наводнения;  $h_з$  – глубина затопления;  $h_м$  – высота моста;  $m$  – угол наклона берега реки;  $L_{низ}$  – горизонтальное расстояние от берега реки в створе города

Ширина затопления поймы реки для трапецидального сечения реки (рис. 3) определяется по формуле:

$$\text{Ш}_з = [b_0 + h_м \cdot \text{ctg} m + h_м \cdot \text{ctg} n] + 2l_{низ} + h_з \cdot \text{ctg} \alpha + h_з \cdot \text{ctg} \beta. \quad (7)$$

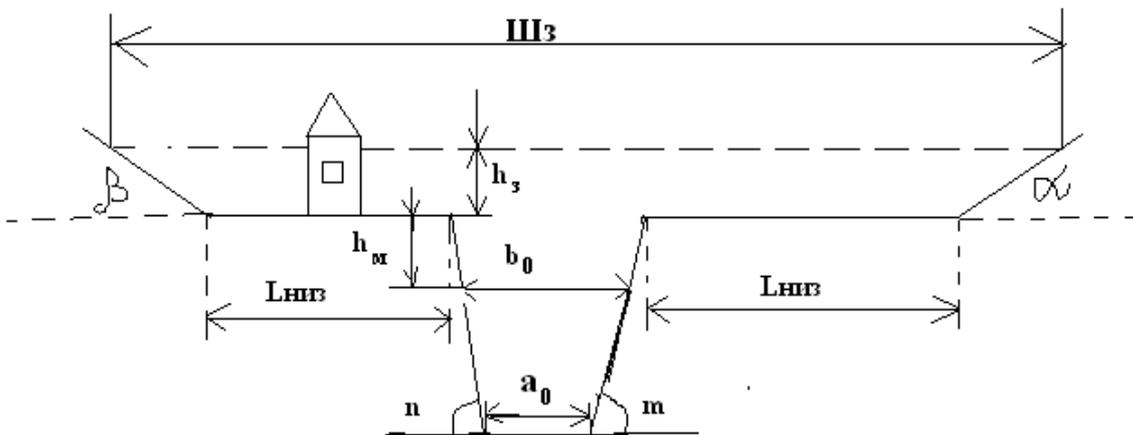


Рис. 3. Расчетная схема определения  $\text{Ш}_з$  для трапециевидного сечения реки:  
 $a_0$  – ширина дна реки;  $m, n$  – углы наклона берегов реки

Зона затопления отображается на карте синим цветом.

Пример 1. Выявить возможную обстановку при наводнении, вызванного таянием снега в пойме реки, в населенном пункте, расположенном на обоих берегах реки, состоящем из деревянных и кирпичных малоэтажных зданий, протяженность реки в пределах

населенного пункта  $l_p=5$  км, глубина реки до наводнения  $h_0=3$  м, высота места  $h_m=1$  м, горизонтальное расстояние от берега реки в створе города  $l_{низ}=1$  км, крутизна подъема местности в пойме реки  $\alpha, \beta = 15^\circ$ . Интенсивность таяния снега  $J=50$  мм/ч, площадь поймы реки  $F=200$  км<sup>2</sup>, ширина реки  $b_0=100$  м, глубина  $h_0=4$  м, скорость течения  $V_0=2$  м/с, русло реки в сечении имеет форму равнобедренной трапеции с шириной дна  $a_0=80$  м.

Решение:

1. Определяем глубину затопления по формуле (1), для чего первоначально рассчитываем  $h$  с использованием формул (2)–(6).

Вначале определяем расход воды в реке до наступления наводнения по формулам (4) и (6):

$$V_0' = 2 \cdot 0,5(80 + 100) \cdot 4 = 720 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Расход воды после таяния снега рассчитываем по формуле (3):

$$V_{max}' = 720 + 50 \cdot \frac{200}{3,6} = 3498 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Тогда высота подъема, согласно формуле (2), будет равна:

$$h = \left[ \frac{2 \cdot 3498 [(100-80)/(2,5+2,5)]^{5/3}}{100 \cdot 2} \right]^{3/8} - \frac{100-80}{2,5+2,5} = 4,27 \text{ м}.$$

Здесь  $\text{ctg } m = \text{ctgn} = (b_0 - a_0)/2 \cdot h_0 = (100 - 80)/2 \cdot 4 = 2,5$ .

Таким образом, глубина затопления составит, согласно формуле (1):

$$h_3 = 4,27 - 1 = 3,27 \text{ м}.$$

2. Определяем параметры зоны затопления:

– протяженность реки в пределах населенного пункта согласно примеру  $l_p=5$  км (определяется по карте);

– ширина затопления определяется по формуле (7):

$$Ш_3 = [100 + 1 \cdot 2,5 + 1 \cdot 2,5] + 2 \cdot 1000 + 3,27 \cdot \text{ctg}15 + 3,27 \cdot \text{ctg}15 = 2129,41 \text{ м}.$$

$\text{ctg}15 = 3,733$

### Оценка обстановки при наводнении

Оценка обстановки при наводнении предусматривает решение задач по определению масштабов затопления, количества санитарных потерь, доли и степени поврежденных объектов на затопленных площадях и расчету сил и средств для проведения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в районе затопления.

Оценка обстановки при наводнении включает:

1. Определение площади затопления местности  $S_3$  и количества населения, оказавшегося в зоне затопления.

2. Определение санитарных потерь, доли и степени поврежденных объектов на затопленных площадях.

3. Расчет сил и средств для проведения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в районе затопления.

Площадь затопления определяется по формуле:

$$S_3 = l_p \cdot Ш_3. \quad (8)$$

Количество населения, оказавшееся в зоне затопления, определяется по формуле:

$$N_{з\text{нас}} = \frac{S_з}{S_r} \cdot N_{\text{нас}}, \quad (9)$$

где  $S_r$  – площадь населенного пункта, км<sup>2</sup>;  $N_{\text{нас}}$  – общее количество населения в населенном пункте, чел.

Количество санитарных потерь определяется по формуле [1]:

$$N_{\text{сан}} = 0,05 \cdot N_{з\text{нас}}. \quad (10)$$

Доля поврежденных объектов (%) в зоне затопления при крупных наводнениях определяется по табл. 1 по максимальной скорости потока затопления, определяемой по формуле [3] и времени затопления:

$$V_з = V_{\text{max}} \cdot f, \quad (11)$$

где  $V_{\text{max}} = V_{\text{т. max}} / S_{\text{max}}$ ,  $S_{\text{max}}$  – площадь поперечного сечения потока при прохождении паводка, м<sup>2</sup>, определяемая по формулам (5) и (6), в которые вместо  $h_0$  подставляется  $(h_0+h)$ , а вместо  $b_0 = b_0 + 2h \cdot \text{ctgm}$ . Параметр  $f$  определяется по табл. 2.

Таблица 1. Доля поврежденных объектов (%) в зоне затопления при крупных наводнениях ( $V_з = 3 \dots 4$  м/с)

| Объект                             | Время затопления, ч |    |     |     |     |     |
|------------------------------------|---------------------|----|-----|-----|-----|-----|
|                                    | 1                   | 2  | 3   | 4   | 24  | 48  |
| Затопление подвалов                | 10                  | 15 | 40  | 60  | 85  | 90  |
| Нарушение дорожного движения       | 15                  | 30 | 60  | 75  | 95  | 100 |
| Разрушение уличных мостовых        | –                   | –  | 3   | 6   | 30  | 5   |
| Смыв деревянных домов              | –                   | 7  | 70  | 90  | 100 | 100 |
| Разрушение кирпичных зданий        | –                   | –  | 10  | 40  | 50  | 60  |
| Прекращение подачи электропитания  | 75                  | 90 | 90  | 100 | 100 | 100 |
| Прекращение телефонной связи       | 75                  | 85 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Повреждение газо- и теплоснабжения | –                   | –  | 7   | 10  | 30  | 70  |
| Гибель урожая                      | –                   | –  | –   | –   | 3   | 8   |

Примечание: при  $V_з = 1,5 \dots 2,5$  м/с значения таблицы умножить на 0,6; при  $V_з = 4,5 \dots 5,5$  – умножить на 1,4.

Таблица 2. Значения параметра  $f$

| $h_з/h$ | Сечение русла |                   |             |
|---------|---------------|-------------------|-------------|
|         | прямоугольное | трапециевидальное | треугольное |
| 0,1     | 0,2           | 0,23              | 0,3         |
| 0,2     | 0,38          | 0,43              | 0,5         |
| 0,4     | 0,6           | 0,64              | 0,72        |
| 0,6     | 0,76          | 0,84              | 0,96        |
| 0,8     | 0,92          | 1,05              | 1,18        |
| 1,0     | 1,12          | 1,2               | 1,32        |

Степень разрушения объектов в зоне затопления определяется по табл. 1 Приложение 4 [3] в зависимости от скорости потока затопления и высоты подъема воды в реке при прохождении паводка.

Расчет сил и средств для проведения аварийно-спасательных и аварийно-восстановительных работ в районе затопления в общем случае предусматривает:

- определение сил разведки (количество звеньев речной и воздушной разведки);
- определение сил для охраны общественного порядка;
- определение сил спасения;
- определение сил оказания первой помощи;
- определение потребного количества плавсредств для эвакуации животных;
- определение потребного количества автомобильного транспорта для перевозки пострадавшего населения от границы затопления в районы расселения;
- определение сил на проведение аварийно-восстановительных работ по восстановлению линий электропередач, связи, ликвидации аварий на конденсационной электростанции (КЭС), канализации, восстановлению мостов;
- определение сил на оборудование пунктов посадки (высадки);
- определение сил для захоронения трупов.

Для органов управления ГПС МЧС России целесообразен расчет только для определения сил спасения и оказания первой помощи, в состав которых могут привлечь личный состав подразделений ГПС МЧС России.

Потребное количество спасательных групп определяется по формуле [1]:

$$N_{\text{сг}}=0,0033 \cdot N_{\text{з нас.}} \quad (12)$$

Потребное количество санитарных дружин для оказания первой помощи определяется по формуле [1]:

$$N_{\text{сд}}=0,0033 \cdot N_{\text{сан.}} \quad (13)$$

Количественный состав  $N_{\text{сг}}$  и  $N_{\text{сд}}$  определяется, исходя из объемов и возможностей формирований.

Пример 2. Оценить обстановку при наводнении, вызванного таянием снега, в населенном пункте площадью  $S_{\text{г}}=50 \text{ км}^2$ , с общим количеством населения чел., расположенном на обоих берегах реки, состоящем из деревянных и кирпичных малоэтажных зданий (4 этажа), если глубина затопления  $h_3=3,27 \text{ м}$ , время затопления 4 ч, параметры русла реки, максимальной скорости потока воды при прохождении паводка (данные решения задачи примера 1).

Решение:

Определяем площадь затопления, согласно формуле (8):

$$S_3=5 \cdot 2,129=10,65 \text{ км}^2.$$

Количество населения, оказавшееся в зоне затопления, согласно формуле (9), составит:

$$N_{\text{з нас.}}=\frac{10,65}{50} \cdot 50000 = 10650 \text{ чел.}$$

Санитарные потери, согласно формуле (10), составят:

$$N_{\text{сан}}=0,05 \cdot 10650=533 \text{ чел.}$$

Долю поврежденных объектов в зоне затопления определяем по табл. 1, для чего рассчитываем максимальную скорость потока затопления по формуле (12):

$$V_3 = V_{\max} \cdot f = 8,69 \cdot 1,01 = 8,78 \text{ м/с},$$

где  $V_{\max} = V_{\max} / S_{\max} = 3498 / 402,7 = 8,69 \text{ м/с};$

$$S_{\max} = 0,5 \cdot (a_0 + b_0 + 2h \cdot \operatorname{ctg} \alpha) \cdot h_0 = 0,5 \cdot (80 + 100 + 2 \cdot 4,27 \cdot 2,5) \cdot 4 = 402,7 \text{ м}^2.$$

Значение параметра  $f=1,01$  определяется по табл. 2 при  $h_3/h=3,27/4,27=0,766$ .

Доля поврежденных объектов в зоне затопления составит при времени затопления 4 ч:

- затопление подвалов –  $60 \% \cdot 1,4 = 84 \%$ ;
- нарушение дорожного движения –  $75 \% \cdot 1,4 = 100 \%$ ;
- разрушение уличных мостовых –  $6 \% \cdot 1,4 = 8,4 \%$ ;
- смыв деревянных домов –  $90 \% \cdot 1,4 = 100 \%$ ;
- разрушение кирпичных зданий –  $40 \% \cdot 1,4 = 56 \%$ ;
- прекращение электропитания и связи –  $100 \%$ ;
- повреждение газо- и теплоснабжения –  $10 \% \cdot 1,4 = 14 \%$ .

Степени разрушения определяем по табл. 1 Приложение 4 [3] при  $V_3=8,78 \text{ м/с}$  и  $h_3=3,27 \text{ м}$ :

- сильные разрушения шоссейных дорог с асфальтовым и бетонным покрытием;
- сильные разрушения мостов;
- сильные разрушения деревянных домов;
- сильные разрушения кирпичных зданий.

3. Определяем требуемое количество спасательных групп, согласно формуле (12):

$$N_{\text{сг}} = 0,0033 \cdot 10650 = 35.$$

Соответственно требуемое количество санитарных дружин согласно формуле (13) составит:

$$N_{\text{сд}} = 0,0033 \cdot 533 = 2.$$

Таким образом, использование предлагаемой усовершенствованной методики выявления последствий наводнений методологически увязывается с методиками выявления последствий техногенных ЧС и упрощает процедуру расчета.

### Литература

1. Методические рекомендации по организации и проведению мероприятий, направленных на снижение последствий весеннего наводнения и паводков. М.: МЧС России. Департамент гражданской защиты, 2000.
2. Крюков Е.В., Бутенко В.М. Опасные природные явления: учеб.-метод. пособие. М.: Акад. ГПС МЧС России, 2013.
3. Савчук О.Н. Безопасность жизнедеятельности. Выявление последствий чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени: учеб. пособие. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2010.
4. Мاستрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учеб. пособие. М.: Академия, 2011.

# УПРОЩЕННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ ЛЕСОПОЖАРНОЙ ОБСТАНОВКИ

**Б.В. Заборский, кандидат технических наук, доцент;**

**С.И. Потапов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложен упрощенный метод оценивания пожарной опасности в лесах методами математической статистики. В качестве объекта исследования выступает лесная местность Ленинградской области.

*Ключевые слова:* природные риски, оценка пожарной опасности, статистика пожаров

## SIMPLIFIED METHOD FOR ESTIMATING FOREST FIRE SITUATION

B.V. Zaborsky; S.I. Potapov.

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

The paper presents a simple method for estimating the fire danger in the forests of methods of mathematical statistics. As the object of research is the woodland of the Leningrad region.

*Keywords:* natural risks, assessment of fire danger, fire statistics

Лесные пожары являются одним из самых опасных стихийных бедствий, приводящих к смертельным исходам и значительному материальному ущербу. Наибольшее количество пожаров приходится на регионы с высокой плотностью населения и развитой дорожной сетью. Крупные лесные пожары возникают здесь в местах распространения хвойных насаждений, которые являются наиболее пожароопасными. К таким регионам относится и Ленинградская область. Экстремальные погодные условия лета 2002 и 2006 гг. привели к увеличению площади, пройденной пожарами. Этому способствовал состав лесных насаждений, 38 % которых в Ленинградской области составляют сосновые леса, длительное отсутствие атмосферных осадков и шквалистый ветер. Так, в 2002 г. длительность «сухого» периода в июне и июле составила около 60 %. В августе и вовсе осадки были лишь дважды, порывы ветра не опускались ниже 6 м/с. В 2006 г. картина повторилась, здесь отсутствие осадков продолжалось 16 дней в мае и 13 дней в августе.

В настоящее время с развитием авиационной техники и космонавтики появилась возможность достаточно детально фиксировать площади пожаров и очаги пожаров по всему земному шару. Однако иметь только информацию об очагах существующих пожаров недостаточно. Для обеспечения безопасности населения и защиты природной среды от пожаров необходимо иметь еще и службу прогнозирования возникновения пожаров [1].

Как известно, причины возникновения лесных пожаров имеют естественный природный и антропогенный характер [2].

Чаще всего лесные пожары возникают вблизи населенных пунктов, в интенсивно используемых лесопарковых зонах, а также вдоль автомобильных и железных дорог, по берегам судоходных рек. Согласно статистическим данным в России из-за антропогенной деятельности возникает 79 % лесных пожаров (рис. 1) [3].

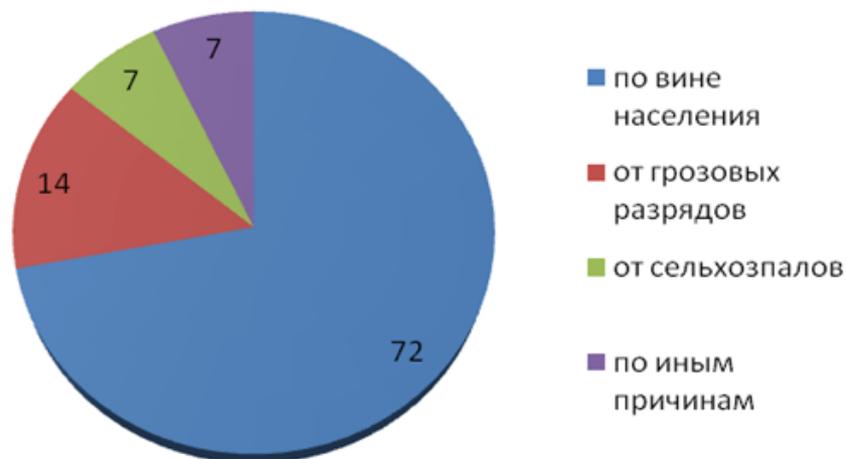


Рис. 1. Лесные пожары и причины их возникновения

Необходимым условием обеспечения противопожарной защиты лесов, отвечающим современным социально-экономическим требованиям, является формирование гибкой системы охраны леса, способной постоянно отслеживать непрерывно изменяющуюся лесопожарную обстановку и регулировать свою структуру, параметры и режимы работ в соответствии с этой обстановкой. Адаптивность системы охраны к изменяющейся пожарной обстановке в каждом регионе страны обеспечивается путем регулирования режимов работы лесопожарных служб и количеством вводимых в действие ресурсов для борьбы с огнем. Ресурсы лесопожарных служб каждого региона нацелены на успешную борьбу с огнем в условиях низкой и средней горимости лесов.

Дефицит финансовых и материально-технических ресурсов, выделяемых на охрану лесов, является на данный момент острой проблемой. Недостаток ресурсов усугубляется задержками платежей, затрудняющими своевременную подготовку сил и средств борьбы с огнем к началу пожароопасного сезона.

Для снижения затрат материально-технических, финансовых и человеческих ресурсов необходимо повышать эффективность системы прогнозирования возникновения лесных пожаров [4]. Существует множество систем для прогнозирования пожароопасности той или иной местности. Но существует проблема получения необходимой информации, которую очень трудно добыть, и к тому же она может оказаться не в полной мере достоверной. Также от обилия различных коэффициентов увеличивается погрешность вычисления. Более краткий метод значительно поможет упростить задачу, стоящую перед службами прогнозирования.

С целью решения данного вопроса было предложено провести исследования в области возникновения лесных пожаров Ленинградской области. Статистические данные были собраны в отделе организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ Главного управления МЧС России по Ленинградской области. Сюда поступают сведения о пожарах со всего региона и заносятся в единую базу данных. Для решения стоящей задачи были получены сведения о количестве лесных пожаров за 27 лет (рис. 2) и данных о материальном ущербе (рис. 3) в каждом регионе за тот же период (так как база данных имеет обширный объем, ограничимся показом фрагментов).

| год  | Бокситогорский | Волосовский | Волховский | Всеволожский | Выборгский | Гатчинский | Кингисетский | Киришский | Кировский | Лодейнопольский | Ломоносовский | Лужский | Сланцевский | Тихвинский |
|------|----------------|-------------|------------|--------------|------------|------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|---------|-------------|------------|
| 1988 | 25             | 4           | 7          | 3            | 113        | 12         | 15           | 2         | 15        | 18              | 13            | 12      | 5           | 4          |
| 1989 | 26             | 4           | 8          | 7            | 136        | 10         | 13           | 1         | 10        | 17              | 7             | 12      | 1           | 5          |
| 1990 | 35             | 6           | 15         | 22           | 197        | 34         | 60           | 13        | 29        | 31              | 13            | 58      | 25          | 15         |
| 1991 | 20             | 1           | 5          | 2            | 97         | 10         | 9            | 1         | 9         | 11              | 3             | 12      | 0           | 5          |
| 1992 | 43             | 6           | 8          | 5            | 145        | 10         | 15           | 1         | 10        | 17              | 9             | 36      | 2           | 3          |
| 1993 | 36             | 16          | 20         | 63           | 800        | 69         | 118          | 15        | 55        | 54              | 114           | 123     | 67          | 47         |
| 1994 | 43             | 6           | 8          | 5            | 145        | 27         | 15           | 5         | 10        | 27              | 9             | 36      | 2           | 24         |
| 1995 | 78             | 15          | 16         | 22           | 497        | 34         | 65           | 16        | 29        | 31              | 13            | 61      | 25          | 17         |
| 1996 | 58             | 13          | 12         | 23           | 495        | 33         | 67           | 17        | 30        | 30              | 12            | 60      | 25          | 15         |
| 1997 | 50             | 15          | 15         | 22           | 99         | 34         | 60           | 15        | 29        | 31              | 13            | 58      | 13          | 14         |
| 1998 | 17             | 4           | 12         | 10           | 22         | 15         | 25           | 17        | 11        | 23              | 15            | 11      | 25          | 15         |
| 1999 | 18             | 5           | 11         | 12           | 23         | 14         | 26           | 16        | 15        | 21              | 13            | 11      | 25          | 13         |
| 2000 | 43             | 6           | 8          | 15           | 145        | 27         | 15           | 5         | 16        | 27              | 9             | 36      | 2           | 24         |
| 2001 | 17             | 94          | 12         | 10           | 62         | 14         | 24           | 16        | 15        | 21              | 23            | 11      | 25          | 15         |
| 2002 | 136            | 16          | 20         | 63           | 1200       | 69         | 118          | 15        | 155       | 57              | 114           | 223     | 67          | 47         |
| 2003 | 23             | 6           | 8          | 5            | 96         | 27         | 15           | 5         | 10        | 28              | 9             | 26      | 2           | 24         |
| 2004 | 10             | 1           | 5          | 2            | 47         | 10         | 9            | 1         | 9         | 11              | 3             | 12      | 0           | 5          |
| 2005 | 43             | 6           | 8          | 5            | 145        | 27         | 15           | 5         | 10        | 26              | 9             | 36      | 2           | 24         |
| 2006 | 63             | 35          | 41         | 155          | 1225       | 130        | 378          | 34        | 102       | 70              | 174           | 245     | 15          | 432        |
| 2007 | 2              | 1           | 8          | 56           | 73         | 30         | 36           | 15        | 17        | 4               | 12            | 67      | 14          | 1          |
| 2008 | 4              | 5           | 6          | 12           | 152        | 29         | 52           | 8         | 35        | 19              | 23            | 118     | 10          | 9          |
| 2009 | 2              | 3           | 1          | 2            | 86         | 18         | 8            | 3         | 11        | 11              | 1             | 27      | 2           | 10         |
| 2010 | 22             | 3           | 4          | 9            | 127        | 10         | 14           | 1         | 11        | 8               | 10            | 12      | 3           | 3          |

Рис. 2. Фрагмент базы данных о количестве пожаров, произошедших в районах Ленинградской области (1988–2014 гг.)

|      | Всеволожский | Выборгский | Гатчинский | Кингисетский | Киришский | Кировский | Лодейнопольский | Ломоносовский | Лужский | Сланцевский | Тихвинский | Тосненский | Подпорожский | Приозерский |
|------|--------------|------------|------------|--------------|-----------|-----------|-----------------|---------------|---------|-------------|------------|------------|--------------|-------------|
| 1988 | 0,1          | 1,37       | 0,18       | 0,3          | 0,05      | 0,24      | 0,28            | 0,19          | 0,152   | 0,16        | 0,11       | 0,07       | 0,03         | 0,47        |
| 1989 | 0,18         | 1,07       | 0,11       | 0,25         | 0,02      | 0,18      | 0,3             | 0,1           | 0,15    | 0,03        | 0,07       | 0,081      | 0,06         | 0,36        |
| 1990 | 0,41         | 2,57       | 0,51       | 1,25         | 0,21      | 0,48      | 0,58            | 0,17          | 0,75    | 0,32        | 0,1        | 0,48       | 0,76         | 0,85        |
| 1991 | 0,11         | 1,07       | 0,1        | 0,25         | 0,01      | 0,18      | 0,28            | 0,16          | 0,15    | 0           | 0,07       | 0,073      | 0,06         | 0,15        |
| 1992 | 0,1          | 1,25       | 0,11       | 0,24         | 0,02      | 0,19      | 0,2             | 0,15          | 0,25    | 0,03        | 0,05       | 0,08       | 0,019        | 0,41        |
| 1993 | 0,89         | 2,98       | 0,78       | 0,84         | 0,32      | 0,75      | 0,59            | 0,97          | 0,63    | 0,71        | 0,57       | 0,71       | 0,08         | 1,06        |
| 1994 | 0,1          | 1,25       | 0,11       | 0,25         | 0,02      | 0,18      | 0,48            | 0,1           | 0,25    | 0,03        | 0,4        | 0,06       | 0,015        | 0,61        |
| 1995 | 0,42         | 2,57       | 0,51       | 1,25         | 0,422     | 0,48      | 0,5             | 0,2           | 1,12    | 0,32        | 0,16       | 0,5        | 0,76         | 0,75        |
| 1996 | 0,41         | 2,63       | 0,51       | 1,257        | 0,41      | 0,5       | 0,57            | 0,17          | 1,05    | 0,326       | 0,175      | 0,48       | 0,8          | 0,85        |
| 1997 | 0,391        | 1,29       | 0,43       | 1,3          | 0,4       | 0,48      | 0,58            | 0,22          | 1,02    | 0,23        | 0,18       | 1,08       | 0,83         | 0,34        |
| 1998 | 0,412        | 0,33       | 0,15       | 0,26         | 0,43      | 0,49      | 0,57            | 0,19          | 0,05    | 0,33        | 0,17       | 0,085      | 0,06         | 0,05        |
| 1999 | 0,41         | 0,34       | 0,16       | 0,25         | 0,39      | 0,6       | 0,63            | 0,17          | 0,056   | 0,32        | 0,173      | 0,09       | 0,05         | 0,055       |
| 2000 | 0,18         | 1,25       | 0,117      | 0,211        | 0,02      | 0,18      | 0,5             | 0,1           | 0,25    | 0,03        | 0,36       | 0,1        | 0,01         | 0,61        |
| 2001 | 0,375        | 0,84       | 0,25       | 0,25         | 0,41      | 0,48      | 0,58            | 0,98          | 0,95    | 0,29        | 0,173      | 0,08       | 0,07         | 0,05        |
| 2002 | 0,89         | 4,8        | 0,78       | 0,84         | 0,32      | 1,75      | 0,59            | 0,97          | 1,89    | 0,71        | 0,57       | 0,71       | 0,08         | 1,59        |
| 2003 | 0,1          | 0,85       | 0,118      | 0,25         | 0,02      | 0,18      | 0,483           | 0,1           | 0,151   | 0,02        | 0,33       | 0,12       | 0,013        | 0,61        |
| 2004 | 0,11         | 0,35       | 0,112      | 0,256        | 0,01      | 0,19      | 0,28            | 0,15          | 0,17    | 0           | 0,07       | 0,088      | 0,06         | 0,15        |
| 2005 | 0,1          | 1,25       | 0,11       | 0,2          | 0,023     | 0,18      | 0,485           | 0,1           | 0,25    | 0,03        | 0,41       | 0,07       | 0,01         | 0,61        |
| 2006 | 1,93         | 12,89      | 2,36       | 6,36         | 0,19      | 2,31      | 1,63            | 3,25          | 2,96    | 0,14        | 5,63       | 0,17       | 1,23         | 1,63        |
| 2007 | 0,36         | 0,39       | 0,26       | 0,23         | 0,12      | 0,2       | 0,01            | 0,12          | 0,76    | 0,16        | 0,01       | 0,21       | 0            | 0,36        |
| 2008 | 0,21         | 0,95       | 0,265      | 0,36         | 0,08      | 0,33      | 0,09            | 0,114         | 0,96    | 0,06        | 0,03       | 0,18       | 0            | 0,46        |
| 2009 | 0,1          | 0,75       | 0,11       | 0,1          | 0,015     | 0,07      | 0,025           | 0,01          | 0,13    | 0,02        | 0,04       | 0,03       | 0            | 0,28        |
| 2010 | 0,02         | 0,19       | 0,03       | 0,03         | 0         | 0,05      | 0,01            | 0,02          | 0,013   | 0,01        | 0,01       | 0,01       | 0            | 0,05        |
| 2011 | 0,022        | 0,2        | 0,04       | 0,037        | 0,01      | 0,1       | 0,02            | 0,016         | 0,01    | 0           | 0          | 0          | 0            | 0,05        |
| 2012 | 0,216        | 0,647      | 0,264      | 0,699        | 0         | 0,322     | 0,051           | 0             | 0,306   | 0           | 0          | 0,022      | 0            | 0,053       |
| 2013 | 0,11         | 0,35       | 0,2        | 0,25         | 0         | 0,18      | 0,28            | 0             | 0,15    | 0           | 0,07       | 0,083      | 0,06         | 0,15        |

Рис. 3. Фрагмент базы данных о сумме материального ущерба от лесных пожаров в районах Ленинградской области в млн руб. (1988–2014 гг.)

Решение задачи разберем на примере двух районов: Выборгского и Всеволожского. На основе собранных статистических данных по пожарам в районах Ленинградской области за период с 1988 по 2014 гг. были выведены средние показатели количества пожаров:

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{113+136+197+\dots+18+56+14}{27} = 234,07$  – среднее число пожаров за 27 лет в Выборгском районе.

$\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i = \frac{3+7+22+\dots+6+11+9}{27} = 20,96$  – среднее число пожаров за 27 лет во Всеволожском районе.

Данный показатель был сопоставлен с плотностью населения в соответствующих районах [5] в связи с тем, что количество пожаров в районе напрямую (более 70 %) зависит от числа проживающих на соответствующей территории. Обозначим их отношение как коэффициент  $K$  (рис. 5).

Таким образом, для Выборгского района:

$$K = \frac{234,07}{27,6} = 8,48 \text{ ,}$$

для Всеволожского района:

$$K = \frac{20,96}{94,11} = 0,22 \text{ .}$$

На этих основаниях была выведена следующая формула:

$$K = \frac{N_{cp}}{\rho} \text{ ,}$$

где  $K$  – коэффициент зависимости количества пожаров от плотности населения;  $N_{cp}$  – среднее число пожаров в конкретном районе;  $\rho$  – плотность населения в районе.

Коэффициент был высчитан для каждого района, данные нанесены на карту и представлены на рис. 4.

Для проверки целесообразности и достоверности введения данного коэффициента применяются различные методы. Было принято решение об оценке тесноты корреляционной связи между коэффициентом зависимости количества пожаров от плотности населения и средней суммой материального ущерба.

Обозначим средний материальный ущерб (млн руб.) за  $Y$ , а коэффициент ( $K$ ) зависимости количества пожаров от плотности населения за  $X$ .

На рис. 4 приведено поле корреляции переменных  $Y$  и  $X$ . Из рисунка видно, что точки на графике в основном расположены небеспорядочно, близко друг к другу, соответственно можно предположить, что корреляционная зависимость между признаками  $X$  и  $Y$  имеется.

Далее выявим зависимость между рассматриваемыми значениями, выясним, существует ли между ними связь, и оценим ее тесноту.

Для этого найдем коэффициент корреляции между исходными  $Y$  и  $X$  для всех районов по полученным данным (табл.).

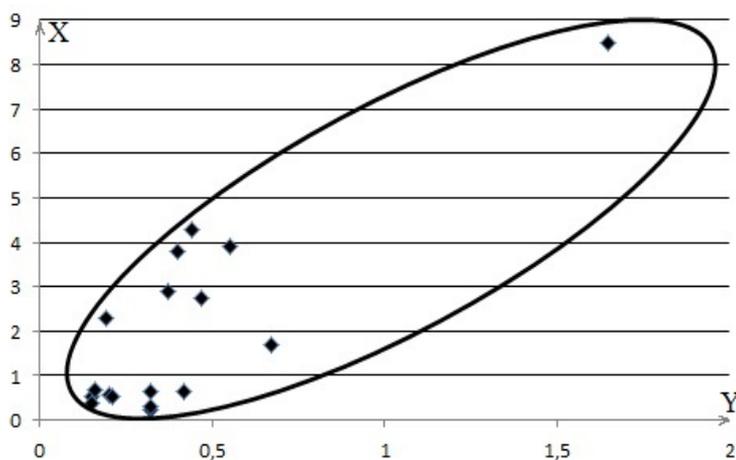


Рис. 4. Поле корреляции сравниваемых значений

Таблица

|       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $X_i$ | 0,44 | 0,2  | 0,15 | 0,32 | 1,65 | 0,32 | 0,67 | 0,15 | 0,42 | 0,4  | 0,32 | 0,55 | 0,16 | 0,37 | 0,21 | 0,19 | 0,47 |
| $Y_i$ | 4,3  | 0,55 | 0,53 | 0,22 | 8,48 | 0,31 | 1,7  | 0,39 | 0,63 | 3,81 | 0,63 | 3,91 | 0,67 | 2,88 | 0,54 | 2,31 | 2,75 |

Вычислим необходимые суммы:

$$\begin{aligned} \sum x_i &= 0,44 + 0,2 + \dots + 0,19 + 0,47 = 6,99 \quad ; \\ \sum x_i^2 &= 0,44^2 + 0,2^2 + \dots + 0,19^2 + 0,47^2 = 4,86 \quad ; \\ \sum y_i &= 4,3 + 0,55 + \dots + 2,31 + 2,75 = 34,61 \quad ; \\ \sum y_i^2 &= 4,3^2 + 0,55^2 + \dots + 2,31^2 + 2,75^2 = 146,7 \quad ; \\ \sum x_i y_i &= 0,44 \cdot 4,3 + 0,2 \cdot 0,55 + \dots + 0,19 \cdot 2,31 + 0,47 \cdot 2,75 = 24,6 \quad . \end{aligned}$$

Найдем коэффициент корреляции по формуле:

$$\begin{aligned} r &= \frac{n \sum x_i y_i - (\sum x_i)(\sum y_i)}{\sqrt{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2} \cdot \sqrt{n \sum y_i^2 - (\sum y_i)^2}} = \\ &= \frac{17 \cdot 24,6 - 6,99 \cdot 34,61}{\sqrt{17 \cdot 4,86 - 6,99^2} \cdot \sqrt{17 \cdot 146,7 - 34,61^2}} = 0,84, \end{aligned}$$

что говорит о тесной связи между переменными.

Отметим одно из свойств коэффициента корреляции:

коэффициент корреляции принимает значения на отрезке  $[-1; 1]$ , то есть:

$$-1 \leq r \leq 1.$$

В зависимости от того, насколько  $|r|$  приближается к единице, различают связь, умеренную, заметную, достаточно тесную, тесную и весьма тесную, то есть чем ближе  $|r|$  к единице, тем теснее связь [6].

Для оценки значимости коэффициента корреляции  $r$  проведем проверку соответствующей гипотезы.

Пусть двумерная генеральная совокупность  $(X, Y)$  распределена по нормальному закону. Из совокупности извлечена выборка объема  $n=27$  и по ней найден выборочный коэффициент корреляции  $r_{\text{выб}} \neq 0$ . Выборочный коэффициент является оценкой для коэффициента  $r=0$  и, в общем случае, отличается от него; более того, между величинами  $X$  и  $Y$  может отсутствовать корреляционная зависимость. Следовательно, в силу того, что выборка случайна, из того, что выборочный коэффициент корреляции  $r_{\text{выб}} \neq 0$  нельзя заключить, что коэффициент корреляции  $r$  генеральной совокупности также отличен от нуля. Возникает необходимость при заданном уровне значимости  $\alpha=0,05$  проверить нулевую гипотезу  $H_0: r_{xy}=0$  при конкурирующей гипотезе  $H_1: r_{xy} \neq 0$ .

Если нулевая гипотеза  $H_0$  отвергается, то это будет означать, что выборочный коэффициент корреляции является значимым, а случайные величины  $X$  и  $Y$  коррелированы, то есть связаны корреляционной зависимостью.

Если нулевая гипотеза  $H_0$  будет принята, то это будет означать, что выборочный коэффициент корреляции не является значимым, а случайные величины  $X$  и  $Y$  некоррелированы.

В качестве критерия возьмем случайную величину:

$$T_{\text{наб}} = r_{\text{выб}} \frac{\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{\text{выб}}^2}} = 0,84 \cdot \frac{\sqrt{27-2}}{\sqrt{1-0,84^2}} = 7,74$$

Известно (в случае нормального распределения  $(X, Y)$ , что эта случайная величина распределена по закону Стьюдента с  $k=n-2=27-2=25$ . В силу того, что распределение Стьюдента является симметричным, критическую область удобно брать симметричной:  $|T| > t_{\text{кр}}$ . Критическая точка находится по таблице критических точек распределения Стьюдента [7], по заданному уровню значимости и числу степеней свободы,  $t_{\text{кр}}=2,0595$ .

$|T_{\text{наб}}| > t_{\text{кр}}$  – отсюда делаем вывод: нулевая гипотеза отвергается. Следовательно, выборочный коэффициент корреляции  $r_{\text{выб}}$  является значимым, между  $X$  и  $Y$  существует корреляционная связь.

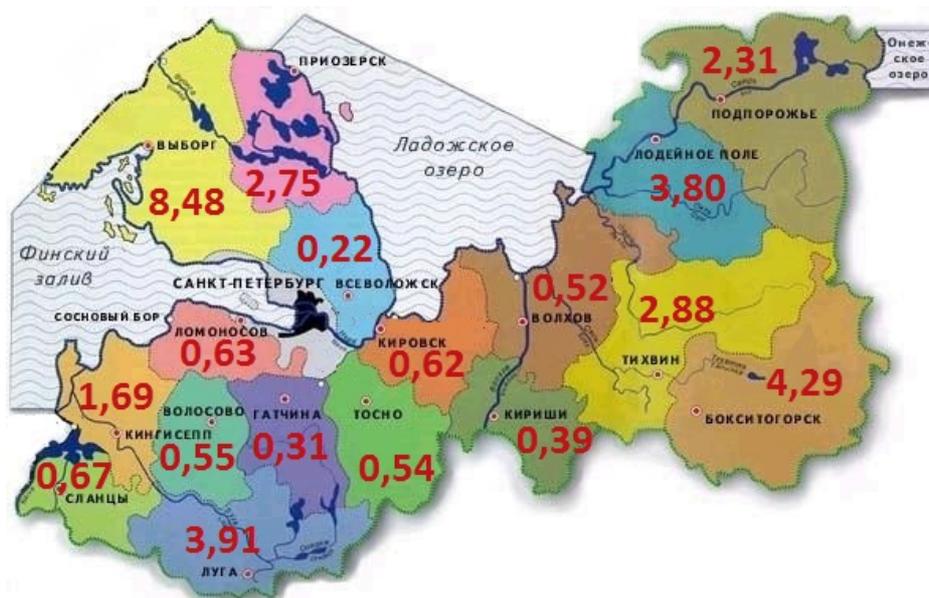


Рис. 5. Коэффициент зависимости количества пожаров от плотности населения по районам Ленинградской области

Тем самым полученный коэффициент наглядно показывает, какой район наиболее пожароопасен. Это позволит эффективно распределить силы и средства между лесопожарными службами для борьбы с лесными пожарами.

### **Литература**

1. Вершинин А.П., Кулангиева Н.О. Методы оценки и прогноза условий пожароопасности лесопокрытых территорий на примере Ленинградской области: науч.-метод. пособие. Л., 2006. 64 с.

2. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера: Федер. закон Рос. Федерации от 21 дек. 1994 г. № 68-ФЗ. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

3. Пожары и пожарная безопасность в 2011 году: статист. сб. / под общ. ред. В.И. Климкина. М.: ВНИИПО, 2012. 137 с.

4. Барановский Н.В., Гришин А.М., Лоскутникова Т.П. Информационно-прогностическая система определения вероятности возникновения лесных пожаров // Вычислительные технологии. 2007. Т. 8. № 2.

5. Википедия. URL: <http://ru.wikipedia.org/> Категория: Районы\_ Ленинградской\_ области (дата обращения: 20.04.2015).

6. Теория вероятностей и математическая статистика: учеб. / под ред. Н.Ш. Кремер. 3-е изд. 2012. 551 с.

7. Дружининская И.М. Решение задач математической статистики по теме «Проверка статистических гипотез»: учеб. пособие. М., 2011. 60 с.



---

---

# ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

---

---

## НАНОСЕКУНДНАЯ ДИНАМИКА РАЗРУШЕНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ОГНЕСТОЙКОГО КОМПОЗИТА ПРИ УДАРЕ И ТРЕНИИ

**В.И. Веттегрень, доктор физико-математических наук, профессор;**

**А.И. Ляшков, кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник;**

**И.П. Щербаков, кандидат физико-математических наук,  
старший научный сотрудник.**

**Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук**

С наносекундным разрешением методами флуоресцентной спектроскопии и акустической эмиссии изучена динамика разрушения при ударе и трении полимерного огнестойкого композита с матрицей из полифениленсульфида, армированной углеродной тканью. Установлено, что микротрещины образуются в моменты в узлах ударной волны, пробегающей по образцу. Образование микротрещин включает в себя несколько последовательных стадий: разрывы угольных волокон за время меньше 10 нс, нитей из них – за ~ 4 мкс и углеродной ткани – за 15–20 мкс.

*Ключевые слова:* огнестойкий композит, разрушение с наносекундным разрешением

## DAMAGE DYNAMIC OF POLYMER FIRE RESISTANCE COMPOSITE AT IMPACT AND FRICTION WITH NANOSUND RESOLUTION

V.I. Vettegren; A.I. Lyachkov; I.P. Shcherbakov.

Physico-technical institute named after A.F. Ioffe of the Russian academy of sciences

Dynamics of impact damage and friction of fire-resistant polymer composite matrix from polyphenylene sulfide reinforced by carbon fabric was studying by nanosecond resolution fluorescence spectroscopy and acoustic emission study It was found that microcracks are formed in moments at the nodes of a shock wave running through the sample. Crazeing includes several following stages: carbon fiber breaks during less than 10 ns, the filaments of them doing for about 4  $\mu$ s and carbon fabric during about 15–20  $\mu$ s.

*Keywords:* fire-resistant polymer composite, fracture with nanosecond resolution

Для создания специальной защитной одежды, рукавов и тросов, используемых при повышенных тепловых воздействиях и открытого пламени, в настоящее время применяют термостойкие композиционные материалы. В процессе эксплуатации эти изделия

подвергаются ударам и трению, которые приводят к их преждевременному износу и разрушению. До последнего времени в литературе отсутствовали сведения о возможности контроля и исследования разрушения непосредственно во время удара и в процессе трения.

Недавно были выполнены работы [1–3], в которых для решения этой задачи был использован метод люминесценции, позволяющий следить за процессом разрушения с наносекундным временным разрешением. В данной работе дан краткий обзор полученных результатов. В качестве объекта исследования был выбран композит с матрицей из полифениленсульфида (ПФС), армированной угольной тканью. Изделия из ПФС могут работать в интервале от - 60 до +220 °С и выдерживать кратковременный нагрев до 260–270 °С. Уникальным свойством ПФС является огнестойкость (категория ПВ-0). При наполнении ПФС угольным волокном получают композит с высокими значениями прочности, износостойкости и огнестойкости.

Модельные образцы имели вид пластинок из ПФС и композита с матрицей из ПФС, армированной угольной тканью. Для проведения исследований были изготовлены уникальные установки, позволяющие измерять спектры люминесценции, акустической и электромагнитной эмиссии с временным разрешением 10 нс.

На рис. 1 показан спектр люминесценции композита. Его анализ показал, что излучение возникает при релаксации электронного возбуждения свободных радикалов, которые образовались при разрывах углерод–углеродных связей в угольном волокне (полосы 2,13, 2,32 и 2,73 эВ) и между атомами углерода и серы в молекуле ПФС (полоса 3,03 эВ).

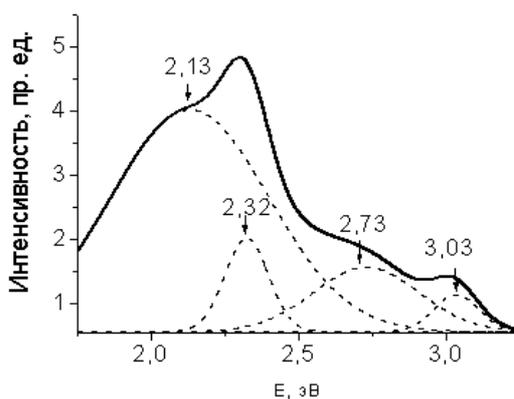


Рис. 1. Спектр люминесценции композита

Типичные временные деформации поверхности и интенсивности люминесценции после удара по поверхности образца стальным бойком показаны на рис. 2.

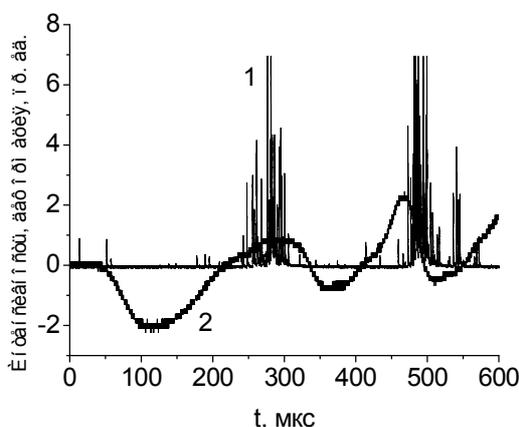


Рис. 2. Фрагмент временных зависимостей люминесценции и деформации поверхности (2) композита после удара стальным бойком

Они объясняются следующим образом. Волна сжатия, возникающая после удара бойком, вызывает появление волн деформации, которые, достигнув границ образца, отражаются и бегут обратно. Волны порождают разрывы химических связей в волокне и матрице, которые приводят к образованию микротрещин в поверхностном слое образца толщиной  $\sim 100$  нм. Рождение каждой микротрещины сопровождается вспышкой люминесценции, интенсивность которой пропорциональна размеру микротрещин. Это позволило оценить размеры микротрещин – от  $\sim 0,3$  до  $\sim 10$  мкм.

Пример временной зависимости интенсивности вспышек люминесценции при трении композита о стальной ролик показан на рис. 3 (для случая, когда слои угольной ткани направлены перпендикулярно плоскости скольжения, расстояние между слоями – 400 мкм).

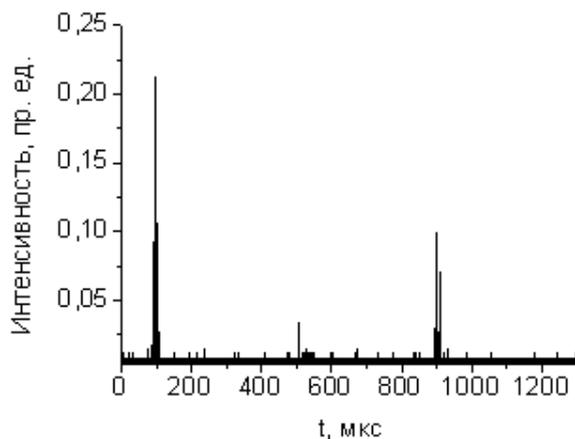


Рис. 3. Фрагмент временной зависимости интенсивности вспышек люминесценции

В этом случае наблюдаются 2 серии вспышек, разделенные временным интервалом  $\sim 800$  мкс, величина которого задана временем пробега волны деформации между слоями угольной ткани (измеренная скорость пробега волны – 4 км/с). Чтобы создать зародыш трещины в угольной ткани необходимо разорвать  $\sim 4$  нити. Поэтому каждая серия состоит из 4–5 вспышек (рис. 4 а). Временной интервал между ними составляет  $\sim 4$  мкс и складывается из времени для разрыва нити –  $\sim 10$  нс и передачи напряжения от одной нити к другой – 390 мкс. Каждая нить состоит из 30 волокон диаметром  $\sim 3$  мкм. Поэтому каждая вспышка состоит из 30 сильно наложенных друг на друга вспышек, соответствующих разрыву одного волокна (рис. 4 б).

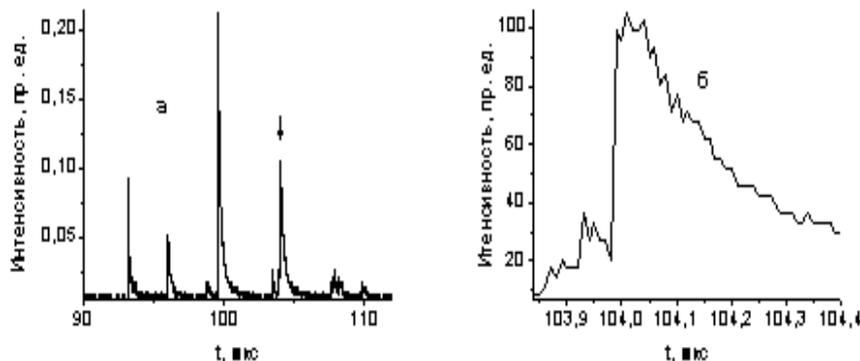


Рис. 4. а – первая из серий вспышек, показанных на рис. 3, б – вид одной из вспышек (показана стрелкой на рис. 4 а)

Выводы:

1. При ударе по поверхности стальным бойком и трении термостойкого, огнестойкого композита о стальной шарик в нем образуются волны деформации, которые вызывают разрывы химических связей и образование микротрещин.

2. Построенные в лаборатории физики прочности Физико-технического института Российской академии наук установки позволяют проследить за динамикой волн деформации и образованием микротрещин в полимерном композите непосредственно во время удара и трения.

#### **Литература**

1. Фрактолюминесценция кристаллического кварца при ударе / В.И. Веттегрень [и др.] // Физика твердого тела. 2008. Т. 50. Вып. 1. С. 29–31.

2. Триболюминесценция полимеров и композитов / В.И. Веттегрень [и др.] // Вопросы материаловедения. 2009. Т. 57. № 1. С. 141–145.

3. Веттегрень В.И., Ляшков А.И., Щербаков И.П. Фрактолюминесценция полифениленсульфида и волокнистого композита на его основе // Журнал технической физики. 2010. Т. 80. Вып. 6. С. 155–158.

## **ОБНАРУЖЕНИЕ ПОЖАРООПАСНОЙ СИТУАЦИИ ПО КОНТРОЛЮ ГАЗОВЫДЕЛЕНИЙ И НАНОЧАСТИЦ АЭРОЗОЛЕЙ**

**М.Н. Мешалкина, кандидат технических наук, доцент;**

**В.А. Цветков, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого.**

**Б.И. Попов, кандидат технических наук, доцент.**

**Всероссийский научно-исследовательский институт метрологии  
им. Д.И. Менделеева**

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо раннее обнаружение аварийной ситуации в производственных помещениях с большим количеством оборудования. Настоящая работа посвящена результатам экспериментальных работ по изучению продуктов термодеструкции. Показано, что при нагреве большинства горючих материалов наблюдается значительное увеличение в воздухе помещений мелкодисперсных аэрозолей.

*Ключевые слова:* газовый анализ, газоанализатор, аэрозоли, счетчик частиц

## **DETECTION OF FIRE SITUATIONS BY CONTROL OF GASSING AND AEROSOL NANOPARTICLES**

M.N. Meshalkina; V.A. Tsvetkov. Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great.

B.I. Popov. All-Russian research institute of metrology named after D.I. Mendeleev

This article is devoted to research on the prevention of fire hazards in manufacture areas with a lot of equipment. Studies carried out experiments for analysis of thermal degradation products. Heating the majority of combustible materials is a significant increase in the indoor air of fine aerosols. Combustible materials recovered into the air fine particulate matter at the earliest

stage on heating. Increasing the concentration of fine particulate matter is the earliest occurrence of a fire alarm on the dangerous situation.

*Keywords:* gas analysis, gas analyzer, aerosol, particle counter

В настоящее время одной из проблем безопасности является необходимость раннего обнаружения возникновения аварийных ситуаций в производственных помещениях, насыщенных большим количеством оборудования. При перегрузках, плохом контакте или коротком замыкании в электрооборудовании возникают повышенные температуры, приводящие к термодеструкции вещества изоляции. К перегреву органических материалов может приводить механическое трение, химические реакции, воздействие фокусированных излучений. Регистрация и анализ продуктов термодеструкции в виде газов и аэрозолей позволяет обнаружить предаварийную ситуацию на защищаемом объекте, определить тип вещества, подвергаемого нагреву, и, иногда, вычислить пространственное расположение источника продуктов термодеструкции [1].

С целью изучения продуктов термодеструкции была проведена экспериментальная работа. Объектом изучения являлись электрические кабели и другие электроизоляционные материалы, широко используемые в судостроении. В процессе проведения работы решалась, с одной стороны, задача определения реперных веществ, наиболее точно характеризующих нагретую электрическую изоляцию, а с другой – выбор способов, позволяющих оперативно определять появление признаков аварийной ситуации на объекте.

Для решения задачи определения реперных газообразных веществ использовались методы газовой хроматографии, масс-спектрометрии и инфракрасной (ИК) Фурье-спектрометрии. Для оперативного определения момента возникновения аварийной ситуации применялись фотоионизационный детектор «Колион», измеряющий сумму углеводородных органических веществ с порогом обнаружения  $1 \text{ мг/м}^3$  и газоанализатор «Палладий-3», определяющий окись углерода. Аэрозольная составляющая продуктов термодеструкции регистрировалась с помощью оптических счетчиков частиц типа ПКЗВ и АЗ-5, а также электроиндукционным датчиком концентрации аэрозолей, позволяющим реагировать на частицы нанометрового диапазона [2].

Метод ИК спектрометрии позволяет по исследованию спектров поглощения выделяемых газов определять их качественный и количественный состав. ИК радиацию поглощают все газы, за исключением  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{Cl}_2$  и одноатомных газов. Применение ИК спектрометрии в сочетании с быстрым Фурье-преобразованием позволяет записывать качественные спектры в течение 4 с и отслеживать изменения в быстропротекающих процессах. Недостатком Фурье-спектрометрии является сложность расшифровки налагающихся друг на друга спектров поглощения большого количества органических веществ. Поэтому для идентификации веществ, обнаруженных методом инфракрасной спектрометрии, был применен метод хромато-масс-спектрометрии.

Экспериментальная установка, на которой производились исследования газовой выделений нагретых изоляционных материалов, приведена на рис. 1. Установка позволяла по определенному алгоритму проводить нагревание образцов изоляции в диапазоне температур от 20 до 200 °С.

В замкнутый сосуд объемом в 1 л помещался исследуемый образец массой 1 г. В процессе плавного нагрева от 20 до 200 °С продукты термодеструкции, выделяющиеся в сосуде, прокачивались через газовую кювету Фурье-спектрометра.

Исследуемая газовая смесь после прокачки через кювету возвращается обратно в сосуд. В качестве измерительного устройства состава газа использовался инфракрасный Фурье-спектрометр ФСМ-1201 с газовой кюветой длиной 10 см, расположенной в спектрометре. Спектры поглощения снимались через каждые 10 °С.

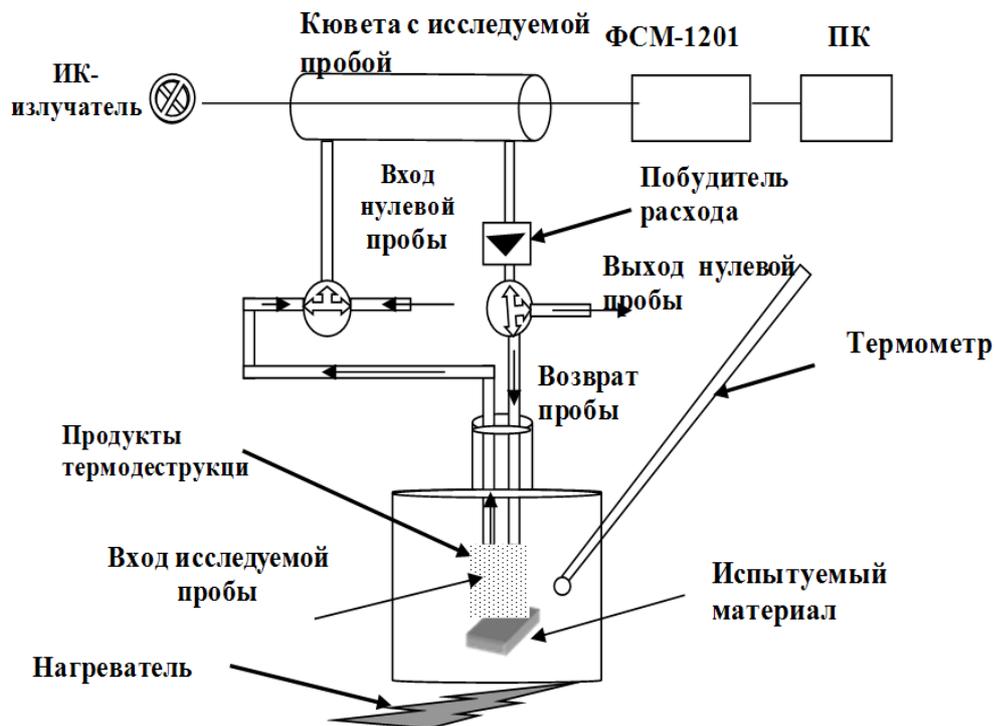


Рис. 1. Схема установки для исследования газообразных продуктов термодеструкции

На рис. 2 приведены ИК спектры пропускания одного из исследуемых материалов – силового кабеля КНРГ.

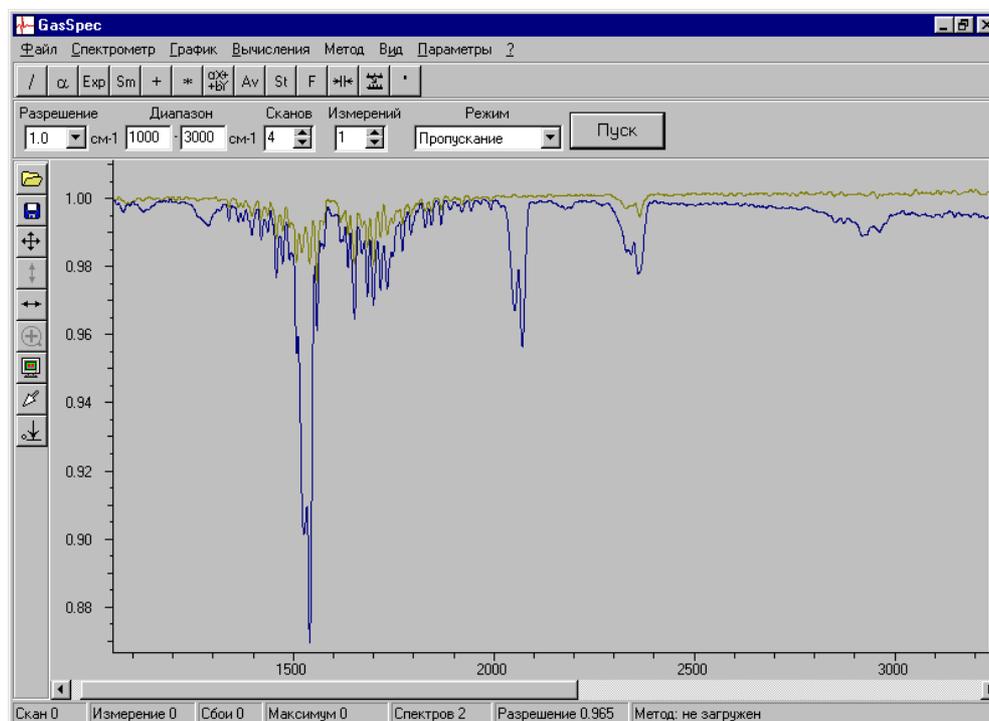


Рис. 2. Фурье-спектрограмма спектров пропускания газовыделений кабеля КНРГ при температуре 75 °С (верхняя кривая) и при температуре 175 °С (нижняя кривая)

По горизонтальной оси отложены длины волн в  $\text{см}^{-1}$ , а по вертикальной оси – коэффициент пропускания.

Верхняя кривая соответствует измерениям при температуре  $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а нижняя – при температуре  $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Идентификация неизвестных веществ производилась путем сравнения их спектров со спектрами чистых веществ из библиотеки инфракрасных спектров. Самый сильный пик поглощения, который находится в области поглощения паров воды  $1500\text{--}1600\text{ см}^{-1}$ , принадлежит сероуглероду  $\text{CS}_2$ , следующий пик поглощения в области  $2000\text{--}2100\text{ см}^{-1}$  принадлежит оксиду углерода  $\text{CO}$ , следующий – в области  $2300\text{--}2500\text{ см}^{-1}$  – принадлежит диоксиду углерода  $\text{CO}_2$ .

Относительно слабые полосы поглощения в областях  $1000\text{--}1400$  и  $2800\text{--}300\text{ см}^{-1}$  лежат в области поглощения диметиламина и диэтиламина, концентрация которых намного меньше других компонент. Для лучшей идентификации этих компонент необходимо использовать длинную кювету, например, многоходовую, которая позволит значительно повысить чувствительность метода, и снять спектры этих чистых веществ.

Из графиков видно, что при росте температуры увеличивается поглощение компонент газовой смеси, что соответствует росту их концентрации. Таким образом, Фурье-спектрограмма позволяет обнаружить характерные газовые компоненты термодеструкции, обладающие повышенным поглощением ИК-излучения. Вещества, соответствующие локальным максимумам поглощения, в дальнейшем определялись с помощью хромато-масс-спектрометрии.

Сочетание хроматографа с масс-спектрометром в качестве детектора облегчает задачу идентификации неизвестных веществ. Хроматография разделяет группу веществ на отдельные вещества за счет разного времени задержки при прохождении сорбционной колонки, а масс-спектрометр определяет молекулярный или атомный состав каждого из разделенных веществ.

Хромато-масс-спектрометрическое исследование газовой смеси испытуемых материалов проводилось при нагревании образцов этих материалов в герметично замкнутом объеме, в течение фиксированного промежутка времени при определенной температуре. Образцы материалов весом  $1\text{ г}$  помещались в стеклянные пенициллиновые флаконы емкостью  $15\text{ мл}$  и закрывались прокладками из термостойкой резины. В целях герметизации образцов прокладки обжимались на горловине флаконов алюминиевыми колпачками. Затем флаконы выдерживались в воздушном термостате при определенной температуре в течение  $1\text{ ч}$ .

После термостатирования исследуемой смеси хроматографическим шприцом через прокладку отбирались пробы паровоздушной смеси емкостью  $10\text{ мкл}$ , которые вводились в испаритель хромато-масс-спектрометра. Для разделения компонентов газовой смеси использовалась стеклянная капиллярная колонка. Для анализа газовой смеси использовался хромато-масс-спектрометр Agilent Technologies. Для хроматографического анализа использовалась капиллярная колонка HP-5 MS. Газохроматографический анализ газовой смеси из колонки проводился при следующих условиях: изотерма  $40\text{ }^{\circ}\text{C}$  –  $10\text{ мин}$ , затем подъем температуры со скоростью  $5\text{ }^{\circ}\text{C}$  в мин до температуры  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Для идентификации масс-спектров продуктов газовой смеси, полученных на хроматограммах, была использована библиотека компьютерной базы данных NESTO.

Хроматограмма газовой смеси, полученная для кабеля КНРГ, при температуре  $170\text{ }^{\circ}\text{C}$  приведена на рис. 3. По горизонтальной оси отложено время выхода компонента, а по вертикальной – относительное содержание компонента в условных единицах. В табл. приведены данные по расшифровке пиков, идентификация которых была проведена по их масс-спектрам.

Как видно из таблицы диоксид углерода и сероуглерод хорошо обнаруживаются как методом ИК-спектроскопии, так и методом хромато-масс-спектрометрии. Оксид углерода хорошо определяется с помощью Фурье-спектроскопии. Диэтиламин и диметиламин хорошо обнаруживаются методом хромато-масс-спектрометрии, а также обнаруживаются на спектрограммах ИК-спектроскопии.

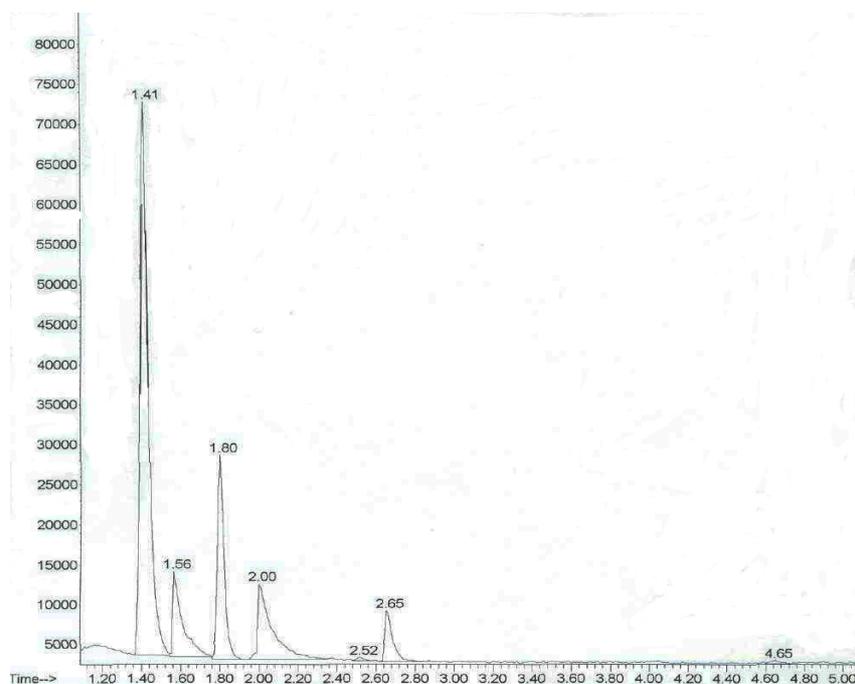


Рис. 3. Хроматограмма газовыделений кабеля КНРГ при температуре 175 °С

Таблица. Состав газо-воздушной смеси при нагревании кабеля КНР в статических условиях

| № п/п | Компонент             | Т уд.* | Состав газовыделений в %* |        |        |        |
|-------|-----------------------|--------|---------------------------|--------|--------|--------|
|       |                       |        | 50 °С                     | 100 °С | 150 °С | 200 °С |
| 1     | двуокись углерода     | 1,4    | 100                       | 77     | 16     | 15     |
| 2     | диметиламин           | 1,49   | < 1                       | 8      | 20     | 30     |
| 3     | сероуглерод           | 1,79   | < 1                       | 15     | 78     | 23     |
| 4     | диметилформамид       | 5,10   | –                         | –      | 1      | 24     |
| 5     | диметилацетамид       | 9,80   | –                         | –      | –      | 0,8    |
| 6     | тетраметилмочевина    | 16,74  | –                         | –      | –      | 5,2    |
| 7     | тетраметилтиомочевина | 25,00  | –                         | –      | –      | –      |

\*компонентный состав газовыделений в % от суммы площадей всех сигналов на хроматограмме со временами удерживания от 0 до 26 мин

Проведенные экспериментальные исследования позволяют надеяться на то, что каждый изоляционный материал, применяемый в энергонасыщенных объектах, будет иметь своеобразный паспорт, занесенный в библиотеку Фурье-спектров, что поможет быстро и точно идентифицировать пространственную область образования аварийной ситуации.

Методы Фурье-спектроскопии и хромато-масс-спектрометрии достаточно трудоемкие, дорогостоящие и медленные. Эти методы не подходят для решения оперативных задач обнаружения предаварийной ситуации на энергонасыщенном объекте.

Для решения задачи выбора оперативных признаков предаварийной ситуации были проведены исследования с применением аэрозольных камер большого объема. Камеры объемом 600 л позволяли проводить физическое моделирование процессов накопления газов и аэрозолей в замкнутом объеме при нагреве неметаллических материалов. В камере размещался образец материала, который подвергается нагреву тепловым потоком, поступающим снаружи сквозь кварцевое стекло от радиационной панели. Воздух в камере постоянно циркулировал по замкнутому контуру.

Размеры нагреваемых образцов рассчитывались, исходя из средней по судам насыщенности ( $\text{м}^2/\text{м}^3$  или  $\text{пм}/\text{м}^3$ ) помещений конкретными видами электроизоляционных материалов, и не превышали 1–6 % от этой величины. У исследованных образцов площадь выделения продуктов термодеструкции, отнесенная к объему камеры, составляла  $2 \cdot 10^{-3} - 4 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{м}^3$ . При проведении эксперимента образец подвергался программируемому нагреву с заданной скоростью  $5 \text{ }^\circ\text{C}/\text{мин}$  от  $50$  до  $200 \text{ }^\circ\text{C}$ . Это соответствовало интервалу времени 30 мин. Затем осуществлялся изотермический режим при температуре  $200 \text{ }^\circ\text{C}$  в течение 5–30 мин. При этом измерялись:

- счетная концентрация аэрозольных частиц от  $0,4 \text{ мкм}$  фотоэлектрическим счетчиком АЗ-5 с верхним пределом диапазона измерения  $1 \cdot 10^5 \text{ 1/л}$ ;
- концентрация аэрозольных частиц, начиная с фракций  $0,01 \text{ мкм}$ , прибором, основанным на электроиндукционном принципе измерения;
- концентрация оксида углерода  $\text{CO}$  электрохимическим газоанализатором «Палладий – 3» с пределами измерения  $1-50 \text{ мг}/\text{м}^3$ ;
- суммарное содержание органических веществ газоанализатором «Колион» с фотоионизационным детектором (порог обнаружения  $1 \text{ мг}/\text{м}^3$ ).

Было исследовано 15 образцов различных неметаллических материалов, используемых в судостроении. Критерием обнаружения предаварийной ситуации являлась фиксация измеряемой величины над фоном. Этот момент регистрировался по показаниям приборов с привязкой к температуре нагретого образца. На рис. 4 приведены результаты исследования процессов накопления аэрозольных частиц,  $\text{CO}$  и суммарных углеводородов в объеме камеры при нагреве кабеля КПЭВС.

По результатам экспериментов по накоплению продуктов термодеструкции в замкнутых объемах можно сделать следующие выводы:

- наиболее быстрым и достаточно характерным признаком появления предаварийной ситуации является увеличенное выделение продуктов термодеструкции в виде аэрозолей наноразмерного диапазона;
- начало увеличения счетной концентрации аэрозольных частиц, регистрируемых в диапазоне размеров от  $0,4 \text{ мкм}$ , хорошо коррелируется с ростом концентрации наночастиц, но отстает на  $5-10 \text{ }^\circ\text{C}$ , а для некоторых материалов и на  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- методы газового анализа, определяющие сумму углеводородов, уверенно обнаруживают прирост концентрации при температурах нагрева образцов свыше  $150 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- увеличение концентрации оксида углерода уверенно обнаруживается при температурах нагрева более  $180 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Такой общий ход зависимости мелкодисперсной аэрозольной и газовой составляющих от температуры нагрева был примерно одинаков для всех остальных исследуемых материалов.

Разные материалы отличались лишь температурами, при которых проявлялись признаки предаварийной ситуации. В некоторых случаях не удавалось обнаружить оксид углерода и выделяющиеся органические вещества. В то же время аэрозоли, и в первую очередь наноаэрозоли, могут быть использованы для раннего обнаружения предаварийной ситуации даже при температуре нагрева веществ до  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Исследования показали, что наибольшей чувствительностью обладает электроиндукционный датчик, так как он обладает способностью регистрировать наноаэрозоли – аэрозоли с размером от  $0,01 \text{ мкм}$ . Оптические счетчики частиц также могут применяться для контроля предаварийной ситуации, но только в чистых помещениях с низким аэрозольным фоном. Чувствительность аэрозольных методов регистрации продуктов термодеструкции в единицах массовой концентрации составляет доли  $\text{мкг}/\text{м}^3$ , а примененные газоаналитические методы позволяют измерять лишь концентрации, выражаемые в  $\text{мг}/\text{м}^3$ .

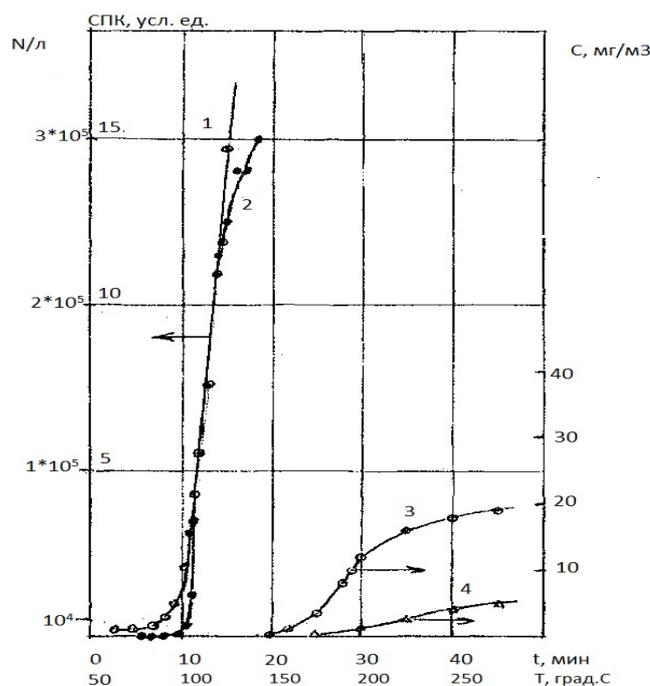


Рис. 4. Накопление аэрозолей и газообразных веществ при нагреве фрагмента кабеля КПЭВС: 1 – счетная концентрация наночастиц в условных единицах, измеренная СПК; 2 – счетная концентрация частиц, размером более 0,4 мкм, 1/л; 3 – концентрация суммы органических веществ, мг/м<sup>3</sup>; 4 – концентрация оксида углерода, мг/м<sup>3</sup>

#### Литература

1. Лукьянченко А.А. Газовые пожарные извещатели. Теоретические основы и практическое применение // Системы безопасности. 2007. № 6.
2. Устройство для измерения концентрации дисперсной фазы аэрозоля: пат. 66051 / Конопелько Л.А., Кустиков Ю.А., Попов Б.И., Кувандыков Р.Э., МПК G01N; заявитель и патентообладатель ООО «Мониторинг»; опубл. 27.08.07. URL: <http://bankpatentov.ru/node/48343> (дата обращения: 03.04.2015).

## ПЕРСПЕКТИВНОЕ АНТИФРИКЦИОННОЕ ПРОТОВОИЗНОСНОЕ ПОКРЫТИЕ ПОРШНЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА БАЗЕ НАНОПОРОШКОВ ДИХАЛЬКОГЕНИДОВ ВОЛЬФРАМА

Ю.В. Гальшев, доктор технических наук, доцент;  
 А.Ю. Шабанов, кандидат технических наук, доцент;  
 О.В. Толочко, доктор технических наук, профессор;  
 А.Д. Бреки, кандидат технических наук, доцент;  
 Д.К. Ивановский.

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого

Приведены результаты лабораторных и моторных стендовых испытаний модельных образцов и реальных деталей высокооборотного дизельного двигателя с разработанным защитным покрытием, нанесенным на их поверхности.

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания, механические потери, поршень, покрытие

## PERSPECTIVE ANTIFRICTIONAL COVERING OF PISTONS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES ON THE BASIS OF NANO-POWDERS OF TUNGSTEN DICHALCOGENIDES

Yu.V. Galyshev; A.Yu. Shabanov; O.V. Tolochko; A.D. Breki; D.K. Ivanovsky.  
Saint-Petersburg polytechnic university of Peter the Great

The results of laboratory and engine bench tests of model samples and real parts of high-speed diesel engine designed with a protective coating applied to their surfaces.

*Keywords:* internal combustion engine, mechanical losses, piston, coating

Проблема снижения мощности трения и интенсивности изнашивания деталей цилиндропоршневой группы (ЦПГ) высокофорсированного двигателя является одной из наиболее актуальных в современном двигателестроении. Рост удельных нагрузок на детали дизеля с увеличением степени форсирования усложняет условия работы его узлов трения, что однозначно приводит к снижению степени надежности его работы, росту потерь трения и уменьшению ресурсных показателей двигателя. Для компенсации этих негативных факторов используются различные конструктивные и технологические мероприятия, направленные на оптимизацию условий смазывания, уменьшения уровня удельных нагрузок, а также формирования в зонах трения специальных разделяющих антифрикционных противоизносных слоев. Они могут иметь как гидродинамическую природу, получаемую путем специального подбора смазывающих материалов, так и характер постоянно действующих разделяющих слоев, сформированных путем нанесения на рабочие поверхности узлов трения специальных покрытий.

Одним из важных трибологических узлов ЦПГ двигателя внутреннего сгорания является пара трения «поршень-цилиндровая втулка». В общем балансе механических потерь в ЦПГ двигателя, являющихся основными для определения механического КПД, трение в этой паре в зависимости от режима работы составляет от 10...15 % на режимах малых и средних нагрузок до 25...35 % на пусковых режимах, режимах холостого хода и на номинальных режимах [1]. Износ этой пары трения приводит к увеличению зазоров в ЦПГ, что увеличивает интенсивность перекладки поршней в цилиндрических втулках. Это приводит к росту динамических нагрузок на блок цилиндров, резко ухудшает условия смазывания зоны поршневых колец, повышает шумность работы двигателя. Кроме того, зона тронка поршня наиболее подвержена задирам при длительной работе двигателя на буксировочных режимах, в случае аварийных или эксплуатационных перегревов системы охлаждения, что резко снижает надежность работы двигателя в целом.

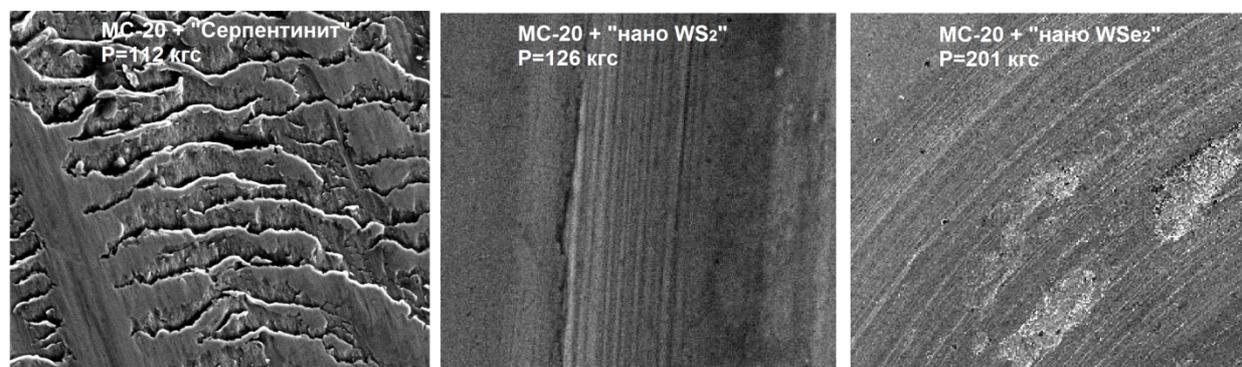
Одним из возможных решений проблемы снижения трения и износа пары трения «тронк поршня – цилиндрическая втулка» является использование различных антифрикционных покрытий, наносимых на рабочие поверхности тронковых частей поршней [2–4]. В настоящее время распространены покрытия на базе графитов, дисульфида молибдена, типа «Моликот». Все эти покрытия построены на базе использования так называемых слоистых модификаторов трения, то есть веществ, ввод которых в рабочую зону обеспечивает достижение аномально низких коэффициентов трения в рассматриваемом узле. Однако все эти варианты покрытий имеют общий существенный недостаток – низкую износостойкость, что ограничивает срок их эффективной работы в основном участке начальной приработки рабочих поверхностей пар трения. Поэтому эти покрытия в большой степени рассматриваются как приработочные, основной функцией которых является защита рабочих

поверхностей деталей на начальной стадии эксплуатации двигателя. По окончании приработки формируется итоговое «пятно контакта» на рабочей поверхности тронка, в котором слой антифрикционного покрытия обычно срывается практически до подложки – основного материала тронка.

Авторами настоящей статьи было разработано антифрикционное противоизносное покрытие, отличающееся от аналогов повышенной износостойкостью, обеспечивающее значительный ресурс его работы. Основой для покрытия являются нанопорошки дихалькогенида вольфрама  $WSe_2$ . Путем длительных многопараметрических триботехнических лабораторных испытаний на машинах трения была подобрана оптимальная концентрация нанопорошков в покрытии и выбран полимерный носитель, обеспечивающий максимальную износостойкость покрытия. В качестве носителя был взят полиимид на основе пиромеллитового диангирида и диаминодифенилового эфира.

Был проведен полный комплекс лабораторных, аналоговых и натурных моторных стендовых испытаний образцов деталей с применением разработанного покрытия.

На рис. 1 представлены микрофотографии участков рабочих поверхностей испытательных образцов четырехшариковой машины трения после проведения испытаний покрытий на базе серпентинита (левая фотография) и разработанного покрытия на базе дихалькогенида вольфрама (центральная и правая фотографии – при разных нагрузках).

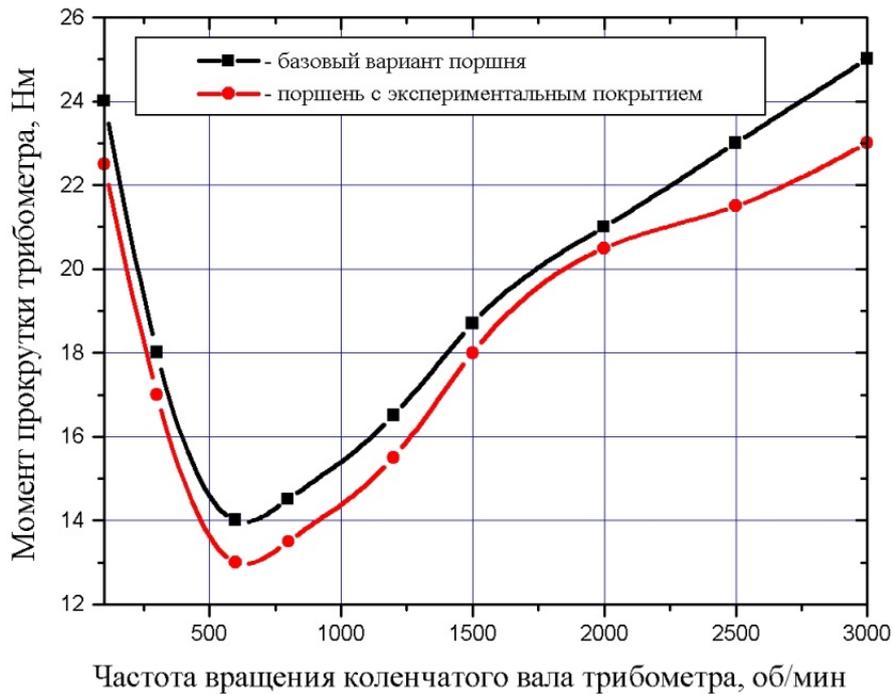


**Рис. 1. Фотографии изношенных участков поверхностей верхних шариков, сделанных после испытаний при нагрузках, предшествующих процессу сваривания пирамиды из четырех шариков**

Анализ результатов показывает, что при применении достаточно эффективного покрытия на базе мелкофракционных порошков серпентинитов задирные явления в паре трения наблюдаются уже при нагрузке в 112 кгс. Использование разработанного перспективного покрытия на базе  $WSe_2$  существенно повышает износостойкость. Микрофотографии показывают возникновение схватывания в паре трения только при нагрузке порядка 200 кгс.

Аналоговые испытания новых покрытий были проведены с использованием специально разработанного аналогового устройства – поршневого трибометра. Он создан на базе полноразмерного двигателя ЗМЗ-402, приводимого от электродвигателя. Для обеспечения идентичности условий маслообеспечения и температурного состояния испытываемых пар трения он был оснащен автономными приводами системы охлаждения, а также специальными нагревателями охлаждающей жидкости и масла. При испытаниях контролировались момент трения в трибометре, температура масла, а также частота вращения коленчатого вала трибометра.

Испытания вариантов трибометра с серийными поршнями двигателя ЗМЗ-402 и с поршнями с нанесенным на их тронковые зоны антифрикционным покрытием показали снижение момента трения на 3...8 % в зависимости от режима работы трибометра, при этом температура масла в поддоне трибометра снизилась на 5...7 °С (рис. 2).



**Рис. 2. Изменение момента прокрутки поршневого трибометра с базовым вариантом поршней и вариантом поршней с нанесенным антифрикционным покрытием**

Основной цикл испытаний разработанного антифрикционного покрытия на базе нанопорошков дихалькогенида вольфрама был проведен на моторном стенде с дизельным двигателем КАМАЗ-740. Испытания носили длительный характер, протяженностью 150 моточасов, на различных режимах работы. Целью испытаний являлась оценка эффективности применения разработанного покрытия в плане снижения мощности трения двигателя (по изменению величины удельного расхода топлива), скорости износа, оцениваемой по изменению содержания продуктов износа в моторном масле, а также стойкости покрытия (рис. 3).



**Рис. 3. Поршень с антифрикционным покрытием на базе дихалькогенидов вольфрама (по окончании длительных испытаний)**

В ходе испытаний были подтверждены данные лабораторных и аналоговых испытаний по определенному снижению мощности трения в ЦПГ. Оно выявилось средним снижением удельного расхода топлива на 1,2...1,5 %. Спектральный анализ образцов моторных масел, отобранных по итогу испытаний, показал снижение содержания в моторном масле основных продуктов износа, в первую очередь – по алюминию (рис. 4).

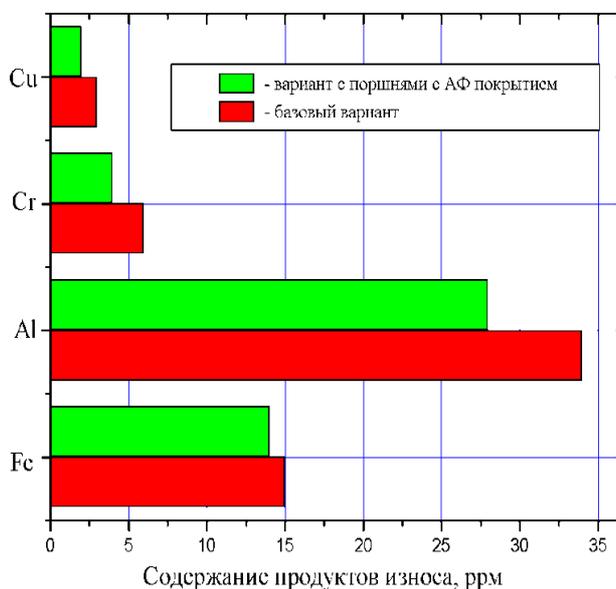


Рис. 4. Результаты измерения содержания продуктов износа в пробах масла, отобранных по итогам испытаний

Визуальный анализ состояния покрытия по окончании длительных испытаний показал невысокую степень его износа, что обеспечивает сохранение положительного эффекта в течение длительного промежутка жизненного цикла двигателя. Реальный ресурс покрытия будет установлен в ходе натурных испытаний парка реальных двигателей, планируемых в плане дальнейшего развития настоящей работы.

#### Литература

1. Трение и теплообмен в поршневых кольцах ДВС / Р.М. Петриченко [и др.]. Л.: Изд-во ЛГУ, 1990. 245 с.
2. Никитин М.Д., Кулик А.Я., Захаров Н.И. Теплозащитные и износостойкие покрытия деталей дизеля. Л.: Машиностроение (Ленинград. отд.), 1977. 168 с.
3. Трение полимеров / В.А. Белый [и др.]. М.: Наука, 1972. 202 с.
4. Мишин И.А. Долговечность двигателей. Л.: Машиностроение (Ленинград. отд.), 1976. 288 с.

# ИДЕНТИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ МЕТОДАМИ АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ И СПЕКТРОСКОПИИ КОМБИНАЦИОННОГО РАССЕЯНИЯ

**Н.Р. Казакова;**

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

**Г.К. Ивахнюк, доктор химических наук, профессор;**

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

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Приведены результаты исследования следов автомобильных бензинов спустя 21 сутки после нанесения методами атомно-силовой микроскопии и спектроскопии комбинационного рассеяния. Показана возможность идентификации следов нефтепродуктов спустя длительные промежутки времени.

*Ключевые слова:* бензины, атомно-силовая спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния

## IDENTIFICATION OF MOTOR GASOLINE BY ATOMIC FORCE MICROSCOPY AND RAMAN SPECTROSCOPY

N.P. Kazakova; A.V. Ivanov; G.K. Ivakhnyuk; I.L. Skripnick.

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

The results of the study of traces of motor gasoline after 21 days after the application of the methods of atomic force microscopy and Raman spectroscopy. Demonstrated the possibility identifying traces of oil after long periods of time.

*Keywords:* gasoline, atomic force spectroscopy, raman spectroscopy

Ежегодно в мире производится 11,7 млн т автомобильных бензинов. Негативным последствием интенсификации нефтедобычи является загрязнение природной среды нефтью и продуктами ее переработки, и, как следствие, образование горючей среды на объектах нефтегазового комплекса. При этом важную роль играет быстрое и достоверное определение источников выбросов углеводородных энергоносителей [1].

Проблема идентификации вида нефтепродуктов при обеспечении промышленной безопасности возникает при мониторинге трубопроводного транспорта нефтепродуктов, обнаружении аварийных разливов, проведении экспертных мероприятий на месте пожара или аварии.

Аварии, связанные с розливом нефтепродуктов, происходят достаточно часто, некоторые из них могут приводить к человеческим жертвам и серьезному материальному ущербу. В связи с этим важную роль играет ликвидация данных аварий в оперативном режиме, что осложняется зачастую невозможностью определения источников утечек в кратчайшее время.

Существуют различные методы идентификации нефтепродуктов. Трудности исследования таких сложных объектов, как товарные нефтепродукты, определяются рядом обстоятельств, среди которых доминирующее место занимает трансформация их компонентов вследствие деградации под воздействием различных факторов.

Изучение привнесений товарных нефтепродуктов основывается обычно на использовании различных хроматографических и спектральных методов анализа как по отдельности, так и в различных сочетаниях. При этом в первую очередь внимание уделяется органической составляющей объектов. Но поскольку углеводородные компоненты нефти и нефтепродуктов подвержены временным параметрам и процессам биodeградации, применяемые методики не всегда являются эффективными и достоверными. Данная проблема определила направление исследования [2].

Целью исследования являлось определение возможности идентификации автомобильных бензинов методом спектроскопии комбинационного рассеяния (КР) спустя определенные промежутки времени.

Аналогичные исследования проводились для определения вида нефти и керосина при поиске источника загрязнения при транспортировке водными видами транспорта. В работе [3] показано, что одной из проблем идентификации характеристических спектров являлось явление флуоресценции, которая была частично решена очисткой проб нефти и нефтепродуктов с помощью растворенного активированного угля (рис. 1).

Учитывая возможные проблемы идентификации, при постановке эксперимента применялась КР-спектроскопия в сочетании с атомно-силовой микроскопией (АСМ). При применении методов КР-спектроскопии и АСМ их важным преимуществом, по сравнению с остальными методами идентификации, является практически полное отсутствие процесса пробоподготовки.

В качестве исследуемых объектов использовались автомобильные бензины АИ-92 и АИ-95, полученные на автомобильных заправках ООО «ПТК – Сервис», которые наносились на слюду и высушивались при температуре 20 °С в естественных условиях. Исследования проводились на установке NTEGRA Spectra с использованием зеленого лазера с длиной волны 532 нм и временем экспозиции 3 с [4].

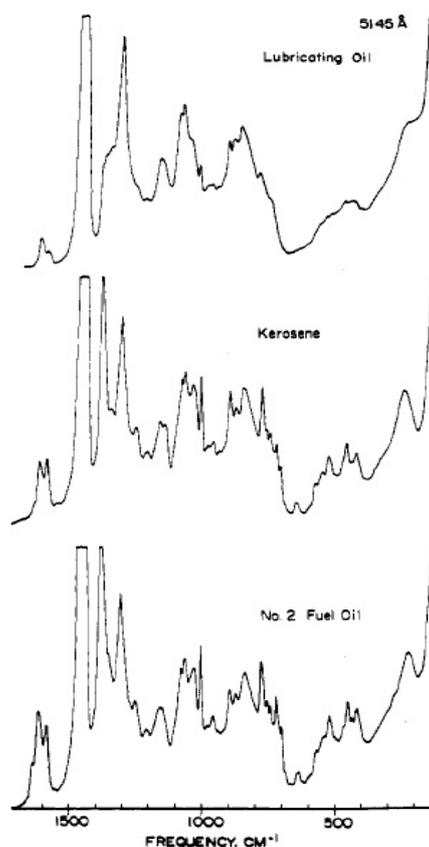


Рис. 1. КР-спектры нефти и керосина (Argon Laser) по результатам исследования [2]

КР-спектры бензинов АИ-92 [5] и АИ-95 [6] представлены на рис. 2. Данные исследования методом АСМ и анализ поверхности образцов представлены на рис. 3, 4. На образцах размерами 15x15 мкм максимальный разброс по рельефу не превышает 25 нм для следов бензина АИ-92 и 45 нм для следов бензина АИ-95. КР-спектры образцов также практически не различимы.

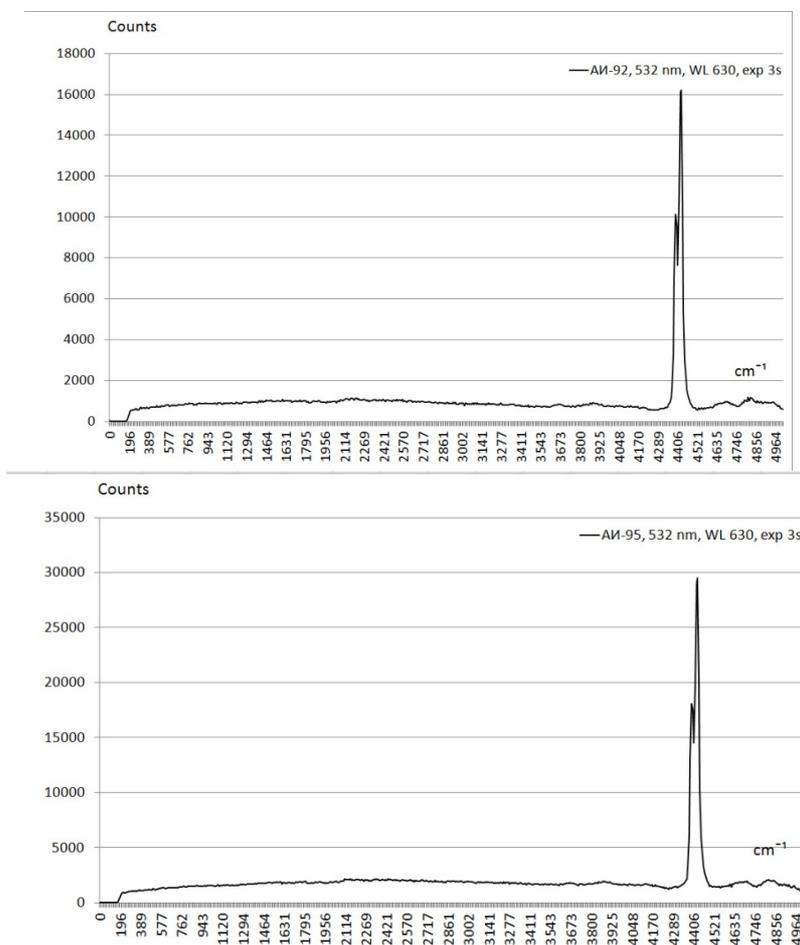


Рис. 2. КР-спектры следов бензинов АИ-92 и АИ-95 на слюде спустя 5 ч

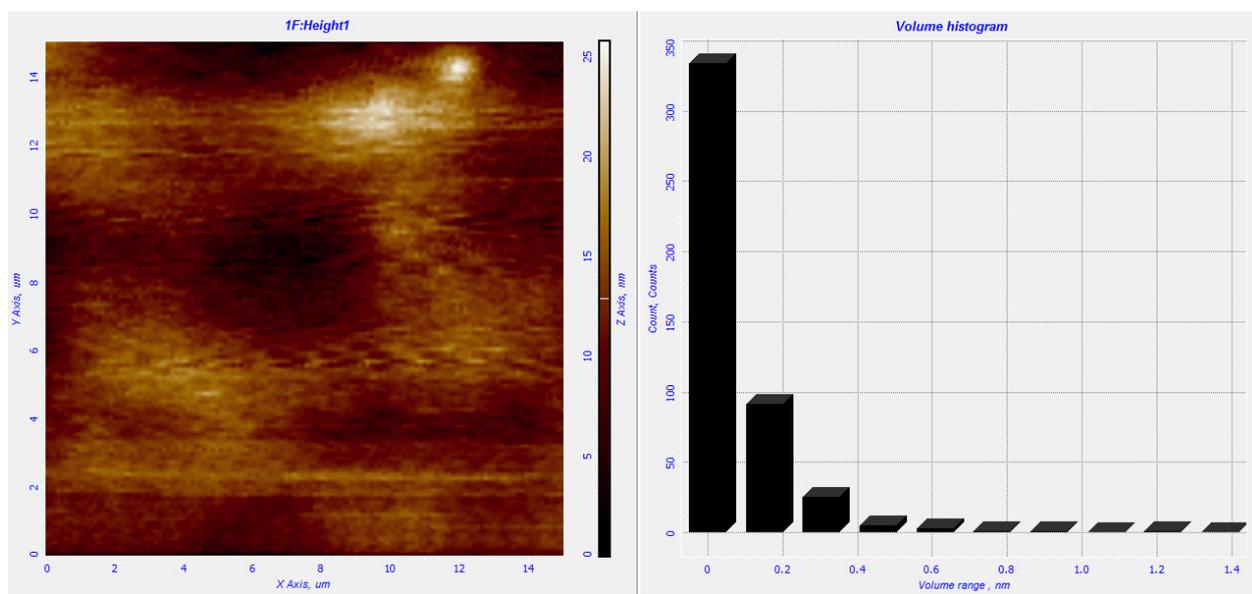


Рис. 3. Топография и анализ распределения объема следов бензинов АИ-92 на слюде спустя 5 ч

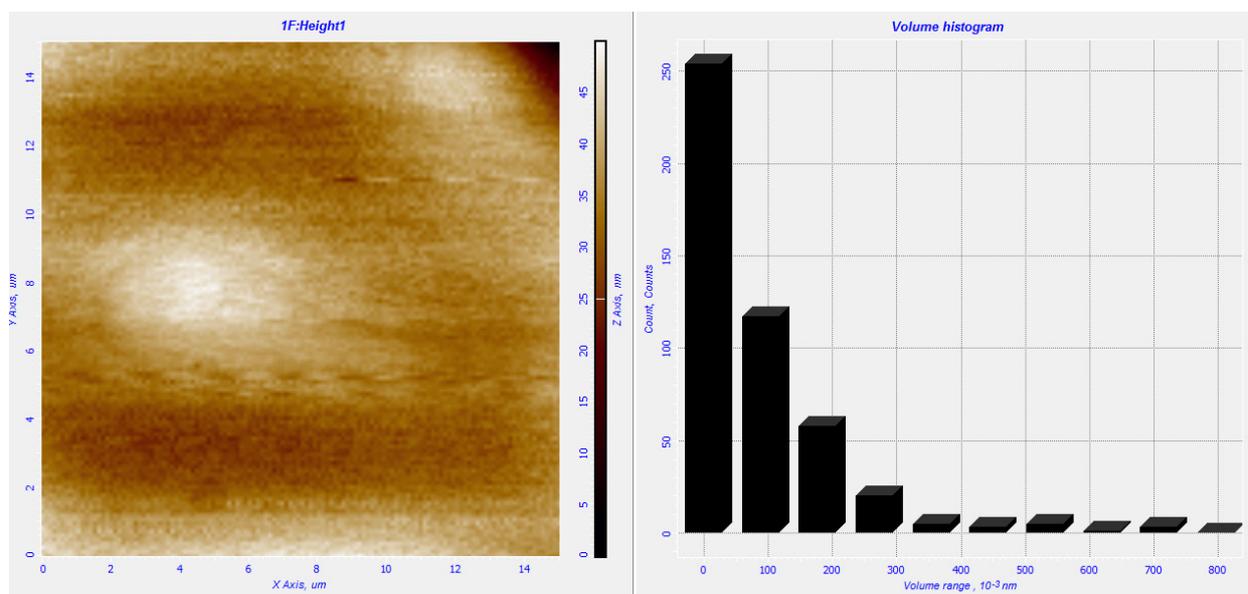


Рис. 4. Топография и анализ распределения объема следов бензинов АИ-92 на слюде спустя 5 ч

На рис. 5 представлены КР-спектры бензинов АИ-92 и АИ-95 через 5 дней после нанесения [7]. Спектры имеют различия в диапазоне  $1600\text{--}1800\text{ cm}^{-1}$  и  $4600\text{--}4900\text{ cm}^{-1}$ .

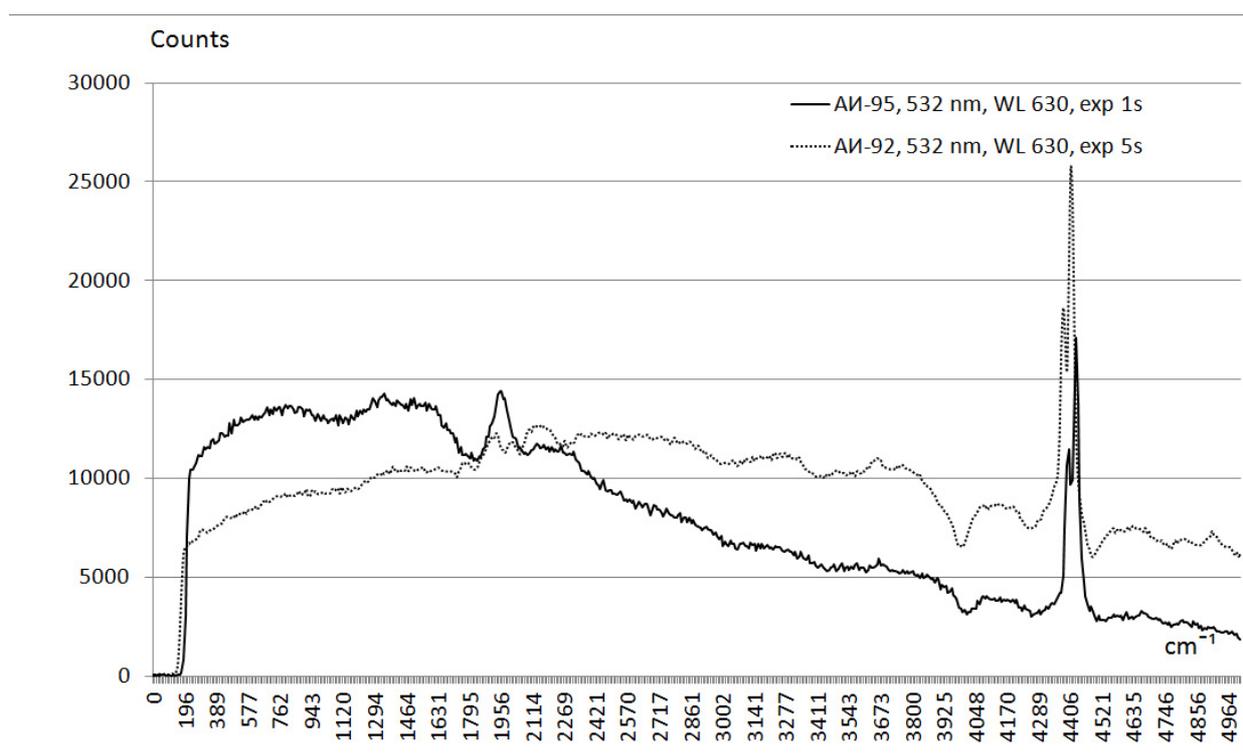


Рис. 5. КР-спектры следов бензинов АИ-92 и АИ-95 на слюде спустя 5 ч

На рис. 6, 7 представлены результаты исследования следов АИ-92 и АИ-95 методом АСМ через 5 дней после нанесения. При анализе топографии можно сделать вывод о том, что следы бензина АИ-92 распределяются на подложке более равномерно, чем следы бензина АИ-95.

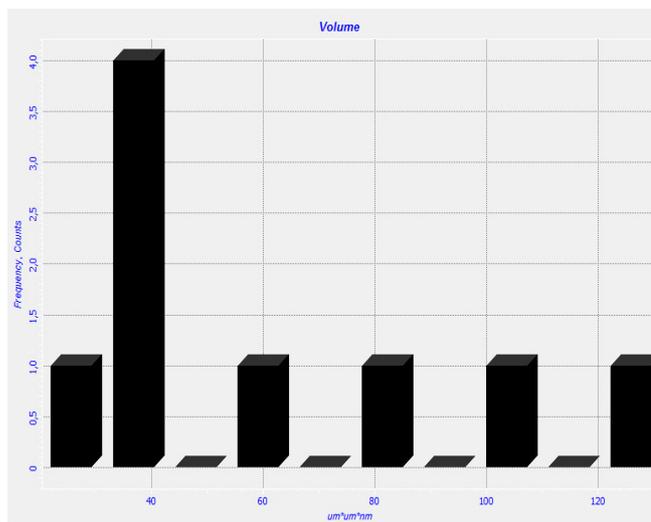
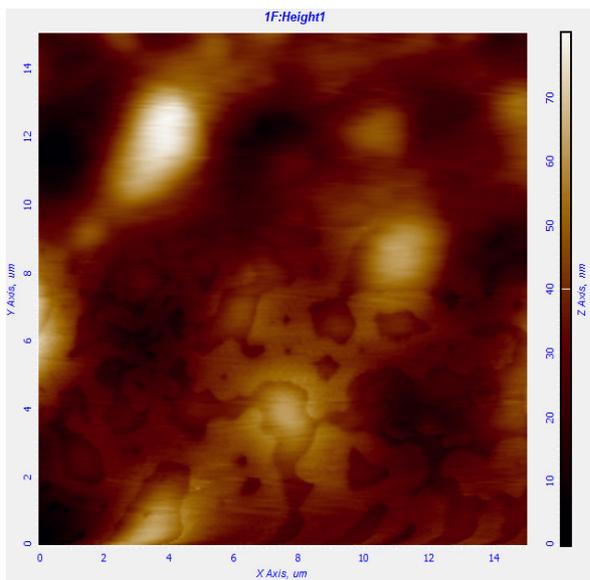


Рис. 6. Топография и анализ распределения объема следов бензинов АИ-92 на слуде спустя 5 дней

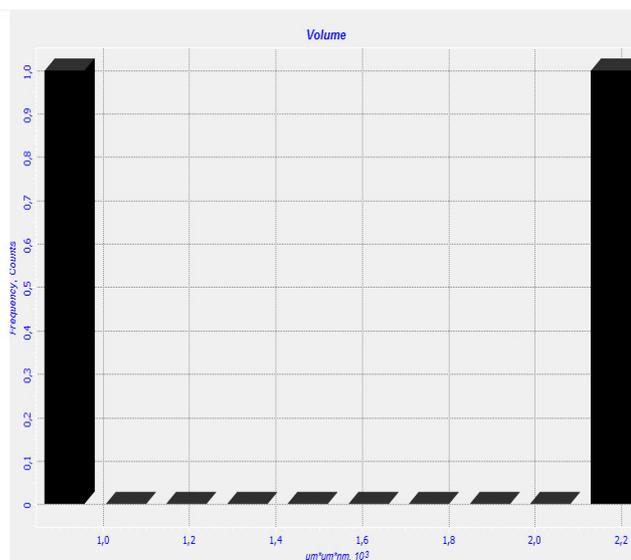
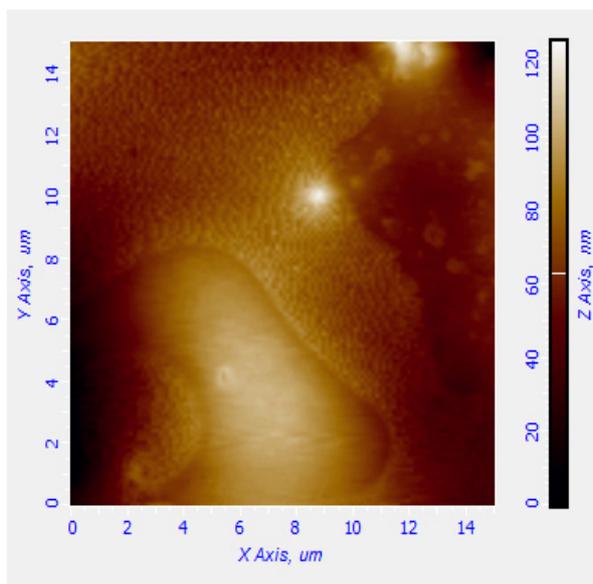


Рис. 7. Топография и анализ распределения объема следов бензинов АИ-95 на слуде спустя 5 дней

При исследовании следов бензинов спустя 21 сутки можно сделать вывод об аналогичном различии КР-спектров бензинов АИ-92 и АИ-95. При этом топография следов АИ-92 становится более однородной, в то время как следы АИ-95 имеют резко дифференцированный характер (рис. 8–10).

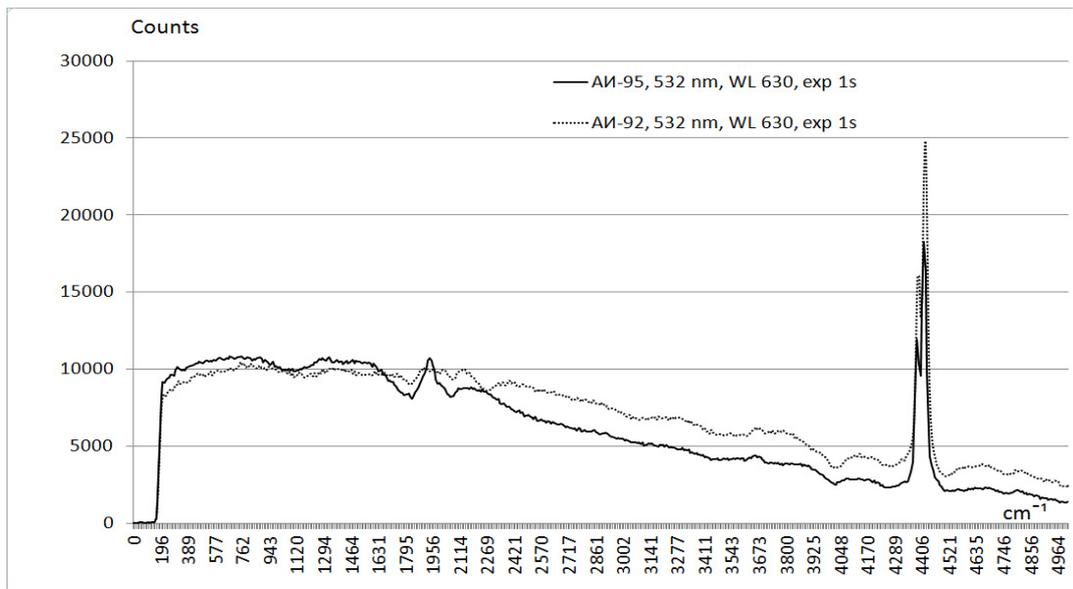


Рис. 8. КР-спектры следов бензинов АИ-92 и АИ-95 на слюде спустя 21 день

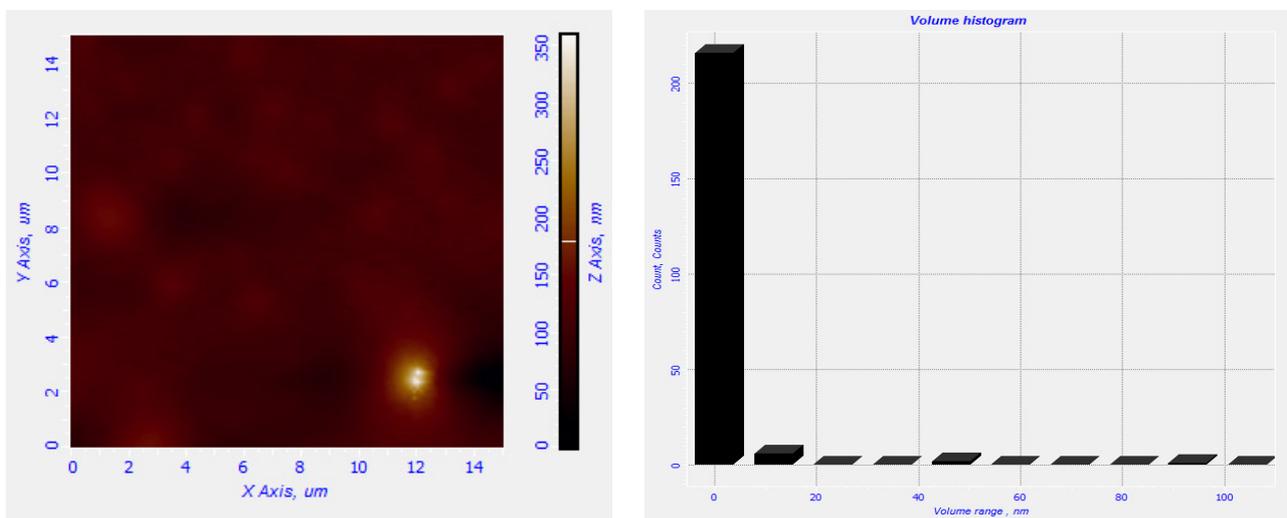


Рис. 9. Топография и анализ распределения объема следов бензинов АИ-92 на слюде спустя 21 день

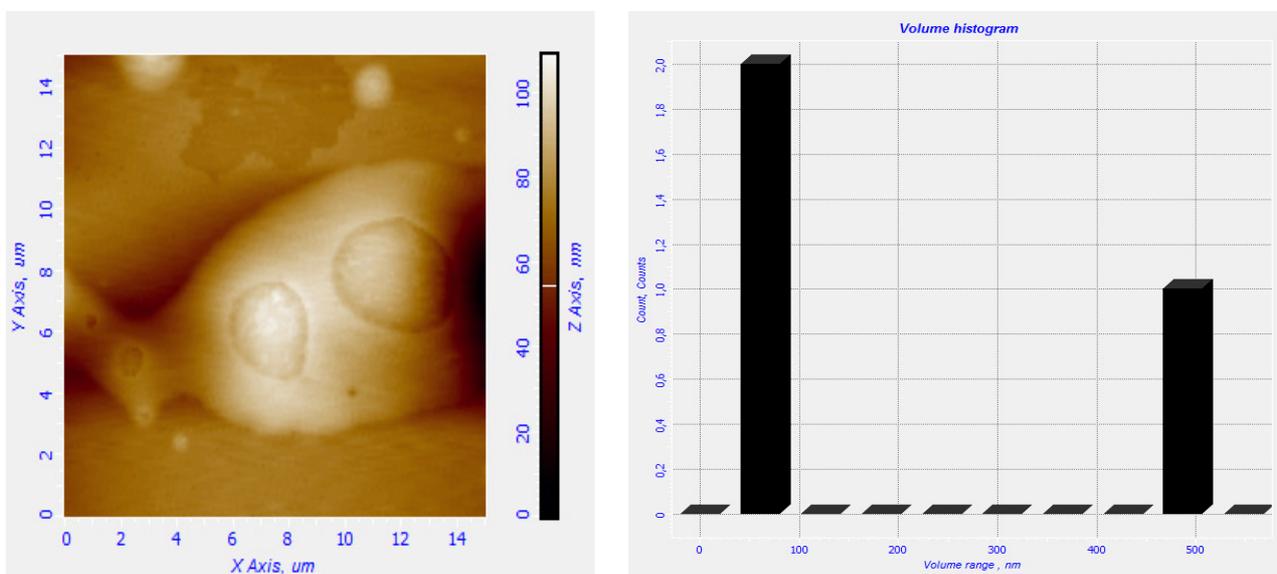


Рис. 10. Топография и анализ распределения объема следов бензинов АИ-95 на слюде спустя 21 день

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод о том, что автомобильные бензины АИ-92 и АИ-95 имеют не только разные КР-спектры, но и совершенно отличающуюся поверхностную картину следов бензинов на слюде. Можно предположить, что это связано с тем, что в данных видах бензина используются различные присадки.

Это говорит о возможности идентификации нефтепродуктов методом КР-спектроскопии спустя длительные промежутки времени с момента аварий или утечек.

На основании полученных данных возможно проведение аналитической оценки КР-спектров, что позволит с достаточной точностью определять вид нефтепродукта и время, в течение которого он находился в среде.

Таким образом, идентификация нефтепродуктов методом КР-спектроскопии, с применением анализа спектров, обеспечит идентификацию вида нефтепродуктов, времени и условий нахождения в среде, что позволит повысить достоверность оценок уровня пожарной безопасности при мониторинге объектов нефтегазового комплекса.

### **Литература**

1. База данных экономической статистики о странах мира, рынках и компаниях. URL: <http://www.statinfo.biz/> (дата обращения: 05.04.2015).
2. James G. Speight. Handbook of Petroleum Analysis. Wiley, 2001.
3. Ahmadjian Mark, Brown Chris W. Petroleum Identification by Laser Raman Spectroscopy // Analytical Chemistry. 1976. July. Vol. 48. № 8.
4. Миронов В.Л. Основы сканирующей зондовой микроскопии. М.: РАН, Ин-т физики микроструктур, 2004.
5. ТУ 38.001165–97. Бензины автомобильные экспортные // Первый машиностроительный портал: информ.-поисковая система. URL: <http://www.1bm.ru> (дата обращения: 10.02.2014).
6. ГОСТ 2084–77. Бензины автомобильные. Технические условия // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. URL: <http://www.docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.02.2014).
7. Модуль обработки изображений Image Analysis P9. Справочное руководство. Зеленоград: ЗАО «Нанотехнология-МДТ», 2011.



---

---

# ИНЖЕНЕРНОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

---

---

## ПРОБЛЕМНЫЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ И ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ

**Н.Н. Гусев, доктор технических наук, профессор.**

**ООО «НПФ «Лидинг», Санкт-Петербург.**

**С.Д. Прозоровская, кандидат педагогических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.**

**А.В. Бажухин.**

**ООО «Промстандарт», Санкт-Петербург**

Рассматривается современное состояние вопроса в области создания и эксплуатации систем мониторинга за безопасностью зданий и сооружений ответственных объектов. Дан анализ нормативной базы, регламентирующей создание таких систем, и предложены направления ее совершенствования.

*Ключевые слова:* системы мониторинга за безопасностью зданий и сооружений, создание и эксплуатация систем контроля безопасности зданий и сооружений

## PROBLEM QUESTIONS OF ESTABLISHMENT AND OPERATION OF SAFETY CONTROL SYSTEMS OF BUILDINGS AND STRUCTURES OF DANGEROUS INDUSTRIAL OBJECTS AND HYDROTECHNICAL BUILDINGS

N.N. Gusev. LLC «SPC «Liding», Saint-Petersburg.

S.D. Prozorovskaya. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia.

A.V. Bazhuchin. LLC «Promstandart», Saint-Petersburg

The article addresses the current status of development and operation of safety monitoring systems for dangerous industrial objects. Along with an analysis of the existing regulations in this area, it also contains some improvement suggestions to such regulations.

*Keywords:* monitoring the safety of buildings and structures, construction and operation of safety control systems of buildings and structures

21 июля 1997 г. были приняты два основополагающих закона Российской Федерации в области безопасности сооружений: № 116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» (ФЗ РФ № 116-ФЗ) и № 117 «О безопасности гидротехнических сооружений» (ФЗ РФ № 117-ФЗ), которые обязывают собственников или организации,

эксплуатирующие опасные объекты, декларировать безопасность сооружений на всех стадиях их существования от проектирования до ликвидации. При составлении декларации безопасности и последующей ее экспертизе особое внимание должно быть уделено системе мониторинга за показателями состояния сооружений, которая основывается на данных средств контрольно-измерительной аппаратуры (КИА). Наличие системы мониторинга, достаточность и работоспособность средств КИА – обязательное условие для получения положительного заключения экспертизы декларации безопасности, а затем и ее утверждения органами надзора.

Система мониторинга посредством средств КИА должна дать однозначный ответ – соответствует ли фактическое состояние объекта допустимым критериям безопасности, которые определяются на стадии разработки декларации безопасности.

Логично предположить следующую последовательность мер по обеспечению безопасности сооружений:

1. Разработка критериев безопасности сооружения.
2. Проектирование сооружения, отвечающего требованиям этих критериев.
3. Разработка средств контроля (мониторинга) за показателями состояния сооружения

и сличения их с критериями безопасности.

Создание и эксплуатация сооружения, показатели фактического состояния которого постоянно контролируются и сравниваются с их предельными значениями (критериями безопасности) с помощью средств КИА.

На практике эта последовательность нарушается по вполне объективным причинам:

– большинство объектов, безопасность которых подлежит декларированию, возведено до принятия законов о безопасности;

– системы наблюдения за состоянием сооружений, которые сейчас пытаются приспособить к решению задач мониторинга за показателями состояния, были созданы до разработки критериев безопасности.

В данной ситуации разработчики декларации безопасности стоят перед выбором: или сократить число критериев безопасности сооружений и «подогнать» их под имеющиеся качественный и количественный состав средств КИА на объекте, чем снижается достоверность и полнота оценки соответствия фактического состояния сооружения критериям безопасности, или приспособить имеющиеся средства КИА к новым критериям, то есть доказать, что имеющиеся средства контроля позволяют отслеживать состояние сооружения по всем критериям безопасности данного объекта, что проблематично, исходя из современного состояния средств КИА на объектах.

Средства КИА создавались с целью проведения натуральных исследований и контрольных наблюдений за напряженно-деформированным состоянием и пространственной стабильностью конструкций в строительный и эксплуатационный периоды, для проверки правильности принятых проектных решений и последующего наблюдения за эксплуатационным состоянием сооружения, то есть не ориентировались на решение конкретной задачи мониторинга безопасности сооружения.

Традиционно комплекты средств наблюдения систем испытаний и долговременного контроля (ИДК) объектов создавались на основе струнных преобразователей, позволяющих осуществлять оперативный дистанционный контроль статических показателей состояния сооружения. Однако гарантийный срок струнных преобразователей всего от 6 до 18 месяцев, а сами преобразователи поверкам не подлежат.

Система ИДК используется в течение 30–40 лет, при этом большая часть преобразователей, общее число которых на некоторых объектах составляло десятки тысяч, за это время вышли из строя или дают нестабильные показания. На гидротехнических объектах стабильные показания дают не более 20 % струнных преобразователей.

На основании вышеизложенного, средства КИА существующих систем ИДК не могут быть сертифицированы в соответствии с Законом Российской Федерации от 27 апреля 1993 г. № 4871-1 «Об обеспечении единства измерений» в связи с тем, что:

1. Средства КИА традиционных систем ИДК не могут рассматриваться в качестве средств систем мониторинга за показателями состояния сооружений, как не соответствующие требованиям федеральных законов по безопасности, а получаемые с их помощью данные не могут использоваться для оценки безопасности сооружений.

2. Существующие системы и средства КИА должны быть подвергнуты детальному диагностированию с целью оценки их работоспособности, после чего переведены из разряда «средств измерения» в разряд «средств контроля» или «индикации».

3. Выводы и заключения о показателях состояния сооружений и их безопасности, сделанные на основании существующих средств КИА на базе струнных преобразователей, должны быть детально проанализированы.

4. На объектах, безопасность которых подлежит декларированию, должны быть созданы новые системы мониторинга, отвечающие требованиям законов о безопасности.

5. Необходимо осуществить передачу данных о состоянии сооружений, полученных с помощью прежних средств КИА, к вновь создаваемым.

6. Декларации безопасности ныне существующих объектов должны пройти повторную экспертизу.

На переходном этапе основной задачей является обеспечение непрерывности получения информации о состоянии сооружений (объектов) при максимально возможном количестве точек контроля и параметров контроля.

Одним из возможных путей увеличения объема информации о состоянии сооружения на существующих объектах может быть увеличение количества точек измерения или контроля параметров, так как не более 20 % струнных преобразователей дают стабильные показания, то есть признаются работоспособными. На практике же отсутствие стабильности показаний еще не означает, что преобразователь утратил свою работоспособность. Для пояснения необходимо рассмотреть основы теории измерений с помощью струнных преобразователей.

Способ измерения с помощью струнных преобразователей основывается на зависимости частоты  $\omega$  колебания частотного резонатора (струны) от напряжения растяжения струны, которое в каждом конкретном струнном преобразователе пропорционально измеряемому параметру  $P$  (линейному перемещению, давлению, температуре и т.д.).

Для возбуждения колебаний струны используются электромагнитные катушки, при подаче на клеммы которых импульса возбуждения стандартной амплитуды и длительности в катушке генерируется импульс силы возбуждения с определенной амплитудой  $F$  и длительностью  $\tau$ . Импульс силы «щипком» возбуждает затухающие колебания струны  $y$ , частоту которых можно измерять до некоторого наперед заданного значения  $y_{\min}$ . Нестабильные показания струнного преобразователя могут возникнуть в случае, если значение амплитуды колебания струны на интервале измерения значения частоты  $\omega$  станет ниже значения  $y_{\min}$ . Основной причиной возникновения такой ситуации на реальных объектах является изменение со временем характеристик кабельной сети от струнного преобразователя к вторичному измерителю. Возбуждать колебания струны необходимо последовательностью импульсов возбуждения при условии, что период их следования не превышает времени  $T^*$  затухания амплитуды колебания струны до значения  $y_{\min}$ . Такой режим возбуждения вносит резонансные явления в процесс колебания струны и амплитуда колебаний должна возрастать.

Выражение для амплитуды колебаний струны, возбужденных бесконечной серией импульсов силы, следующих с периодом  $T^0 > T^*$  в момент времени  $t_s = t_0 - S T^*$ , где  $S$  – номер импульса, имеет вид:

$$y(t) = \frac{2}{\pi \varepsilon C} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{2F}{n \omega_n} K_n \exp[-\alpha_n (t - t_0)] R_p \sin \frac{\omega_n \tau}{2} \sin[\omega_n (t - t_0) + \Theta], \quad (1)$$

где  $\varepsilon$  – линейная плотность материала струны;  $C$  – скорость распространения поперечной волны по струне;  $F$  – амплитуда импульса силы возбуждения;  $n$  – номер гармоники;  $\omega_n$  – круговая частота  $n$ -й гармоники;  $K_\varepsilon$  – коэффициент, учитывающий форму импульса;  $\mu_n$  – коэффициент затухания;  $\tau$  – длительность импульса возбуждения;  $t_0$  – момент генерации последнего импульса возбуждения;  $\Theta$  – сдвиг фазы колебания струны относительно импульса возбуждения;  $R_p$  – резонансный множитель.

Анализ выражения (1) позволяет сделать следующие выводы:

1. Максимальное значение амплитуды колебания струны достигается при синхронизированном ( $\Theta=0$ ) возбуждении колебаний, то есть при соблюдении условия  $T^0=m T_1$ , где  $m$  – целое число периодов  $T_1$  колебаний струны.

2. Для поддержания на постоянном уровне максимального значения амплитуды колебаний струны, которое достигается в момент времени.

$$t = t_0 + \frac{1}{\omega_l} \left( \frac{\pi}{2} - \Theta \right), \text{ значение амплитуды } F \text{ силы импульса запроса должно}$$

быть обратно пропорционально значению  $R_p$ .

В большинстве случаев нестабильность показаний струнных преобразователей связана со слабым откликом преобразователя на импульс возбуждения. Слабый отклик объясняется главным образом двумя факторами:

1. В известных средствах измерения предусмотрено возбуждение колебаний струны стандартным импульсом с постоянными значениями амплитуды  $F$  и длительности  $\tau$  импульса возбуждения, что с теоретической точки зрения делает при  $\tau=T_1$  неработоспособной систему измерения на значительном интервале, что неизбежно, так как в процессе изменения параметра  $P$  от минимума до максимума в стандартных датчиках период колебания изменяется более, чем в два раза. Влияние длительности импульса возбуждения  $\tau$  на амплитуду колебания струны проиллюстрировано на рис. 1, 2, влияние сдвига фазы колебания струны относительно импульса возбуждения  $\Theta$  – на рис. 3, 4; влияние внешних вибраций – на рис. 5, 6.

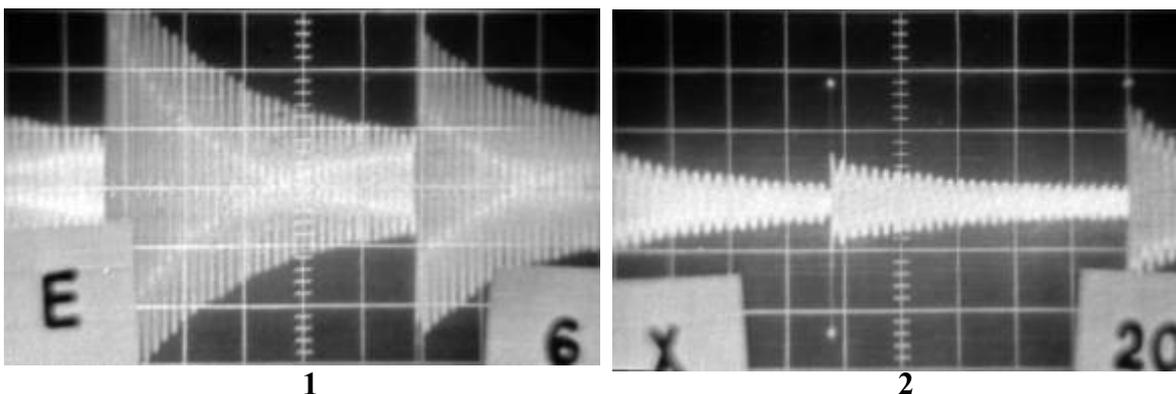


Рис. 1, 2. Влияние длительности импульса возбуждения  $\tau$  на амплитуду колебания струны

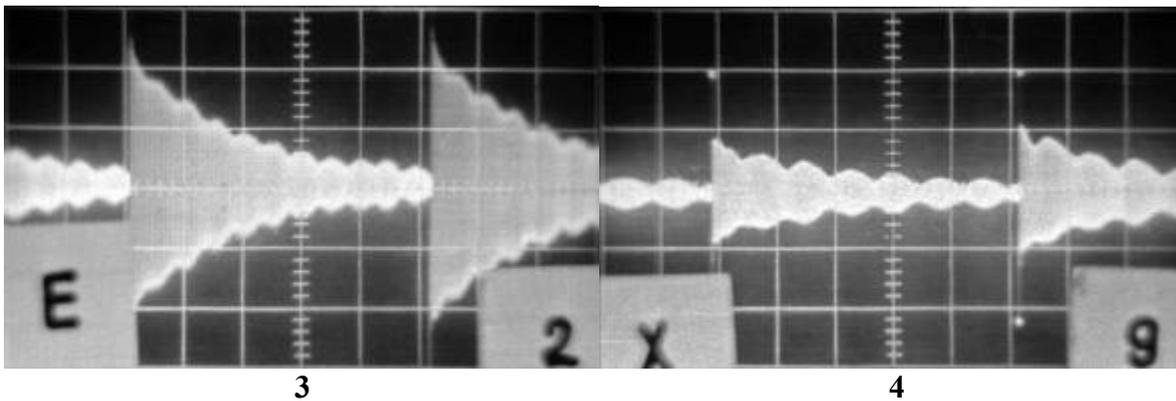


Рис. 3, 4. Влияние сдвиг фазы колебания струны относительно импульса возбуждения  $\Theta$

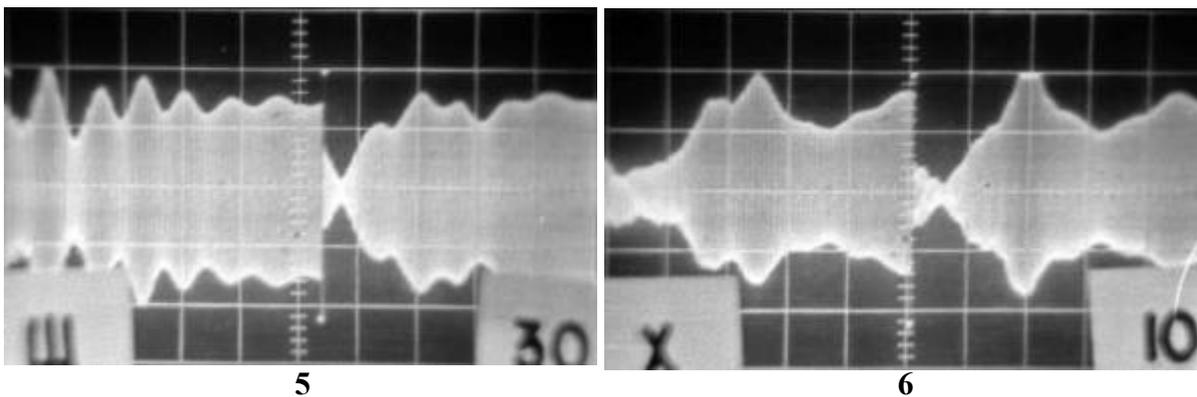


Рис. 5, 6. Влияние внешних вибраций

2. Характеристики канала измерения «датчик – кабель – вторичный измеритель» в процессе эксплуатации системы ИДК неизбежно меняются, что приводит к изменению формы и амплитуды и длительности импульса возбуждения струнного преобразователя, что приводит к снижению амплитуды колебания струны.

Для «реанимации» струнных датчиков с нестабильными показаниями достаточно обеспечить подбор параметров импульса возбуждения для каждого преобразователя индивидуально.

Данная разработка реализована в разработках Научно-производственной фирмы «ЛИДИНГ» (Санкт-Петербург) и позволяет:

1. Вернуть в состав измерений до 60 % струнных преобразователей, ранее считавшихся неработоспособными, то есть увеличить на 60 % достоверность оценки безопасности ответственных объектов и сооружений, доведя число работающих преобразователей до 80 % от общего числа установленных.

2. Принимая во внимание, что стоимость одного канала измерения систем ИДК составляет от 1 000 до 10 000 долл. США, внедрение предложенного способа обеспечивает существенный экономический эффект, исчисляемый в масштабах страны миллиардами долларов.

Реанимированные таким образом преобразователи не могут рассматриваться как средства измерения и могут использоваться только как средства контроля или индикации. Тем не менее получаемая с помощью струнных преобразователей информация может явиться основой для анализа тенденций в поведении сооружений и прогноза уровня безопасности объекта в целом.

Использование струнных преобразователей для решения задач оценки эксплуатационного состояния объектов – это вынужденная мера на переходном этапе создания общей концепции обеспечения мониторинга безопасности объектов у нас в стране.

Необходимость наличия систем мониторинга на основе средств КИА на опасных объектах законодательно закреплена ФЗ РФ № 116-ФЗ и ФЗ РФ № 117-ФЗ, однако требования к указанным системам не регламентированы нормативными актами, что отрицательно сказывается на их эффективности, при этом эффективность систем мониторинга на опасных объектах не может быть обеспечена:

1. Необходима разработка более детализированной, чем предусмотрено в Приложении 1 ФЗ РФ № 116-ФЗ от 21 июня 1997 г., классификация сооружений по степени опасности. Эта классификация должна учитывать:

- класс (группу) факторов, по которым производственный объект отнесен к опасному производству (Приложение 1 к ФЗ РФ № 116-ФЗ от 21 июня 1997 г.);

- реальные, а не только предельные количества опасных веществ на производственном объекте, по которым объект отнесен к опасному производству (Приложение 2 к ФЗ РФ № 116-ФЗ от 21 июня 1997 г.);

- удаленность от населенных пунктов;

- значимость объекта для безопасности страны;

- проектный и фактический ресурс (или срок службы сооружения, объекта).

Система классификации должна рассматривать критерии оценки безопасности вновь проектируемых, строящихся и находящихся в эксплуатации зданий отдельно.

Структура классификации должна быть такой, чтобы на стадии проектирования и экспертизы проекта могла быть реализована фактическая проверка соответствия проекта этим критериям. В числе обязательных разделов проекта должны быть разделы, в которых были бы отражены:

- гарантийный срок эксплуатации;

- критерии оценки безопасного срока эксплуатации объекта (сооружения);

- проверяемые процедуры оценки безопасности сооружения на всем промежутке его существования (строительства, эксплуатации, консервации и ликвидации);

- обоснование (на основе классификации) наличия и объема аппаратурных средств контроля за эксплуатационным состоянием объекта (сооружения);

- обоснование методик, периодичности и объемов наблюдения за состоянием сооружений;

- обоснование обеспечения непрерывности мониторинга за состоянием сооружения, преемственность средств контроля, их совместимость;

- рекомендации по совершенствованию системы мониторинга в случаях:

- а) истечения гарантийного срока эксплуатации сооружения;

- б) выхода из строя части системы контроля;

- в) изменения критериев оценки безопасности;

- г) изменения собственника сооружения;

- д) аварий на объекте природного или техногенного характера;

- е) дробления объекта на несколько более мелких или объединения ряда объектов в один более крупный.

На стадии эксплуатации объекта (сооружения) или экспертизы его состояния должно быть проверено фактическое соответствие состояния объекта критериям безопасности действующим на данный момент, а не на момент создания объекта.

На стадии эксплуатации или экспертизы его состояния должна быть предусмотрена процедура изменения класса безопасности сооружения (объекта). При принятии решения об изменении класса безопасности сооружения должны учитываться следующие факторы:

– изменение в процессе эксплуатации объекта гидрогеологических и метеорологических факторов (в том числе вызванных эксплуатацией данного объекта);

– изменение тектонических условий;

– изменение интенсивности и характера статических и особенно динамических нагрузок на здания и сооружения (например, при замене оборудования в зданиях и на прилегающих территориях на более мощное или имеющее иные динамические характеристики, чем у предыдущего оборудования, или при изменении характеристик транспортных нагрузок);

– изменения в эксплуатационных характеристиках здания и сооружений вследствие техногенных аварий, особенно связанных с разрывами трубопроводов в карстовых зонах;

– изменение физико-механических свойств строительных материалов, из которых возводились здания, ввиду изменения условий эксплуатации, в том числе экологических.

2. Классификация сооружений по степени опасности должна законодательно закреплять необходимость наличия систем контроля на объекте, их состав, этапы (стадии) развертывания и модернизации.

3. На основе классификации безопасности должна быть проведена паспортизация сооружений.

4. Необходимо выработать общий подход к экспериментальной оценке эксплуатационного состояния объектов, то есть оценке их безопасности. Одной из приоритетных задач исследований должна быть задача совершенствования методики оценки срока безопасной эксплуатации сооружений (объектов) на основе как теоретических расчетов, так и экспериментальных исследований и наблюдений.

5. Необходимо определить стратегию в области натурных обследований состояния сооружений. Разработать классификацию средств контроля за состоянием безопасности сооружений и положение по их применению. Классификация должна иметь несколько классификационных признаков:

– гарантийный срок эксплуатации системы, который должен быть не менее срока строительства и эксплуатации опасного объекта;

– тип системы (долговременный, оперативный, комбинированный);

– вид системы (стационарный, мобильный, оперативные подвижные лаборатории, комбинированные).

Состав средств контроля (комплектов):

– тензометрический (статический и динамический);

– геодезический (статический и динамический);

– виброметрический;

– геофизический;

– неразрушающих методов контроля и т.д.;

– оперативность представления информации об измеряемых параметрах;

– объем и периодичность измерений, а в необходимых случаях и алгоритм измерений;

– степень полноты заключения о безопасности сооружения.

6. В зависимости от класса безопасности сооружения необходимо разделить функции контроля (и ответственность за обеспечение безопасности) между:

– проектной организацией;

– строительной организацией;

– научно-исследовательскими и специализированными организациями;

– эксплуатирующими организациями;

– контролирующими организациями.

7. Методика оценки эксплуатационного состояния (безопасности) объекта должна предусматривать преемственность передачи данных от одного поколения средств контроля к другим.

8. Должна быть разработана методика корреляции данных измерений различных комплектов средств измерения на объектах.

9. Данные об изменении состояния сооружений должны направляться в аналитические центры и там анализироваться независимыми экспертами, а не обслуживающим персоналом объектов.

10. Необходимо решить вопрос о средствах долговременного контроля, гарантийный срок эксплуатации которых истек.

11. Гарантийный срок эксплуатации первичных преобразователей средств долговременного контроля соизмерим со сроком строительства ответственных сооружений (от 3 до 8 лет). При этом к моменту начала эксплуатации с метрологической и юридической точек зрения данным отдельным средствам долговременного контроля доверять нельзя, так как их гарантийный срок истек, а поверкам они не подлежат, поэтому необходимо выполнить следующие разработки и методики:

- средств диагностики самих систем контроля;
- методики, позволяющей по истечении гарантийного срока первичных преобразователей давать заключение о судьбе данного средства контроля;
- проведения измерений с помощью средств с истекшим гарантийным сроком первичных преобразователей (возможно, это будет изменение погрешности измерения или перевод системы из средства измерения в средство индикации со всеми вытекающими в связи с этим последствиями);
- оценки срока безопасной эксплуатации объекта с учетом утраты определенного количества первичных преобразователей;
- передачи данных о параметрах напряженно-деформированного состояния в данной точке с помощью нового преобразователя или преобразователя, находящегося в другой точке;
- средств долговременного контроля со значительно увеличенным гарантийным сроком эксплуатации или подлежащих поверкам в процессе эксплуатации;
- средств регистрации экстремальных значений параметров контроля даже в аварийных ситуациях, когда нарушено энергоснабжение и средства связи.

Существующие в настоящее время средства КИА за контролем безопасности зданий и сооружений опасных производственных объектов и гидротехнических сооружений (ГТС) не соответствуют требованиям ФЗ РФ № 116-ФЗ и ФЗ РФ № 117-ФЗ в части мониторинга безопасности, а получаемые с их помощью данные не могут использоваться для оценки безопасной эксплуатации сооружений.

Необходимо совершенствование законодательной базы в области средств мониторинга промышленной безопасности.

Повышение надежности системы управления мониторингом состояния ГТС за счет сохранения в работающем состоянии значительно большего числа датчиков, что, в свою очередь, повышает вероятность своевременного обнаружения отклонений контролируемых параметров ГТС, и позволяет своевременно принять меры по устранению при их возникновении.

### **Литература**

1. Гусев Н.Н., Яруничев А.В. К вопросу об определении параметров динамических напряжений с помощью однокатушечных струнных преобразователей // Применение методов и средств тензометрии для измерения механических параметров: сб. статей. Пенза, 1982. С. 38–43.

# ОЦЕНКА УЧЕБНО-МАТЕРИАЛЬНОЙ БАЗЫ КАФЕДРЫ

**А.М. Зубаха, кандидат технических наук, старший научный сотрудник;  
Т.А. Подружкина, кандидат педагогических наук.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Описан подход к оценке учебно-материальной базы кафедры, ведущей преподавание дисциплин, связанных с компьютерными технологиями. Предложен математический аппарат расчета обобщенного дидактического потенциала как основного показателя оценки соответствия учебно-материальной базы современному развитию компьютерных технологий и образовательным программам.

*Ключевые слова:* информационное общество, показатели оценки учебно-материальной базы, дидактический потенциал, кривая динамики уровня подготовки, обобщенный дидактический потенциал учебно-материальной базы

## EVALUATION OF TRAINING FACILITIES DEPARTMENT

A.M. Zubaha; T.A. Podruzhkina.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

This article describes the approach to the assessment of the educational-material base of the chair, leading the teaching of subjects related to computer technology. Proposed mathematical calculation of the generalized didactic potential, is a key indicator of compliance assessment training and material base of the modern development of computer technology and educational programs.

*Keywords:* information society, performance evaluation of the educational-material base, didactic potential, curve dynamics, generalized didactic potential of the educational-material base

Во второй половине XX в. человечество вступило в новый этап своего развития – переход от индустриального общества к информационному.

Информационное общество – общество, в котором большинство работающих занято производством, хранением, переработкой и реализацией информации, особенно высшей ее формы – знаний [1].

Отличительными чертами информационного общества являются [1]:

– увеличение роли информации и знаний в жизни общества – информация становится важнейшим стратегическим ресурсом общества и занимает ключевое место в экономике, образовании и культуре;

– возрастание доли информационных коммуникаций, продуктов и услуг в валовом внутреннем продукте;

– создание глобального информационного пространства, обеспечивающего:

а) эффективное информационное взаимодействие людей;

б) доступ людей к мировым информационным ресурсам;

в) удовлетворение потребностей людей в информационных продуктах и услугах.

Основными критериями развитости информационного общества являются:

– уровень компьютерного обеспечения;

– уровень развития компьютерных сетей;

– владение информационной культурой, то есть знаниями и умениями в области информационных технологий.

Научным фундаментом процесса информатизации общества является изучение дисциплин в высшей школе, связанных с информатикой и информационными технологиями, и одним из важнейших элементов подготовки специалистов по этому направлению является наличие современной учебно-материальной базы (УМБ), которая должна отвечать следующим требованиям:

1. Соответствовать современному развитию науки и техники.
2. Оборудование должно иметь современное аппаратное и системное программное обеспечение.
3. Прикладное программное обеспечение должно обеспечивать необходимый уровень подготовки обучаемых.
4. Количество рабочих мест в аудитории должно соответствовать количеству обучаемых во время аудиторных занятий.

Для качественной и количественной оценки соответствия учебно-материальной базы указанным выше требованиям необходимо разработать соответствующие подходы.

Качественная оценка учебно-материальной базы предполагает оценку по следующим параметрам:

- соответствие современному развитию компьютерного и программного обеспечения;
- наличие прикладных программ обеспечения образовательного процесса;
- достаточность рабочих кабинетов и рабочих мест при проведении занятий;
- комплектация рабочих мест;
- техническое состояние рабочих мест;
- достаточность учебно-методической литературы для проведения занятий в компьютерных классах;
- наличие плана развития и совершенствования учебно-материальной базы;
- возможность проведения научно-исследовательских работ преподавателями и обучающимися;
- наличие стендового оборудования.

Количественная оценка позволит более обоснованно ответить на вопросы соответствия учебно-материальной базы образовательному процессу и разработать перспективный план ее развития [2, 3]. Для этого необходимо определить критерии, позволяющие дать такую оценку. В настоящей статье предлагается следующий набор показателей оценки учебно-материальной базы кафедры:

- показатель обученности;
- дидактический потенциал УМБ кафедры по программе дисциплины;
- обобщенный дидактический потенциал УМБ кафедры.

Известно, что независимо от содержания и методов обучения модель обучения, отражающая объективные особенности формирования навыков и умений у обучаемых на кафедре, имеет экспоненциальный характер, который описывается уравнением вида [4]:

$$Q = Q_m - (Q_m - Q_n)e^{-\alpha x},$$

где  $Q$  – показатель облученности;  $Q_m$  – верхний предел показателя облученности;  $Q_n$  – исходное (наименьшее) значение показателя облученности;  $\alpha$  – коэффициент, определяющий качество средств обучения;  $x$  – количество занятий по учебному плану.

Если принять, что значение  $Q_m$  и  $Q_n$  постоянны, а показатели качества средств обучения и количества занятий изменяются, то можно определить какой уровень подготовки обучаемых будет достигнут с использованием конкретных средств обучения, то есть можно определить показатель эффективности УМБ, предварительно уточнив, что понимается под качеством средств обучения и количеством занятий по учебному плану.

Коэффициент, определяющий качество средств обучения, зависит от полноты охвата обучаемых при проведении практических и лабораторных занятий и от полноты реализации программного обеспечения, используемого в учебном процессе. Под количеством занятий понимается возможность УМБ обеспечить проведение аудиторных занятий в течение года, исходя из количества и численности учебных групп.

Для оценки возможности УМБ кафедры, с учетом сказанного, введем понятие дидактического потенциала УМБ кафедры, под которым следует понимать возможность обучения по дисциплинам кафедры, в соответствии с программами курсов дисциплин, преподаваемых на кафедре, необходимого количества аудиторных занятий в течение года, исходя из возможностей технического ресурса компьютеров и их программного обеспечения, а также количества учебных групп.

$$Q_{\text{Д}}^l = Q_{\text{Н}}^l - (Q_{\text{М}}^l - Q_{\text{Н}}^l) e^{-\sigma \sqrt{\mu V^l R^l}},$$

где  $Q_{\text{Д}}^l$  – дидактический потенциал УМБ по дисциплине  $l$ ;  $Q_{\text{М}}^l$  – верхний предел показателя дидактического потенциала по дисциплине  $l$ ;  $Q_{\text{Н}}^l$  – нижний предел показателя дидактического потенциала по дисциплине  $l$ ;  $\sigma$  – постоянная величина;  $\mu$  – коэффициент обеспечения числа аудиторных занятий на УМБ кафедры;  $V^l$  – полнота охвата обучаемых по дисциплине  $l$ ;  $R^l$  – полнота соответствия программного обеспечения УМБ обучающим программам по дисциплине  $l$ .

Таким образом, дидактический потенциал УМБ по дисциплине является комплексным показателем, который определяется в пределах от нуля до одного. Верхний и нижний пределы дидактического потенциала УМБ задаются также в пределах от нуля до одного.

Например,  $Q_{\text{М}}^l = 0,95$ , а  $Q_{\text{Н}}^l = 0,5$ . Постоянная величина  $\sigma$  определяется при всех максимальных значениях в формуле дидактического потенциала УМБ по дисциплине. Коэффициент обеспечения числа аудиторных занятий определяется следующим выражением:

$$\mu = n/N,$$

где  $n$  – количество фактически проведенных занятий;  $N$  – количество требуемых занятий по программе.

Полнота охвата обучаемых определяется как соотношения количества рабочих мест ( $K_{\text{РМ}}$ ) к количеству обучаемых ( $K_{\text{ОБ}}$ ):

$$V^l = K_{\text{РМ}}/K_{\text{ОБ}}.$$

Полнота соответствия программного обеспечения обучающим программам, также определяется соотношением количества установленных программ ( $K_{\text{ПУ}}$ ) к количеству требуемых по программе дисциплины ( $K_{\text{ПТ}}$ ):

$$R^l = K_{\text{ПУ}}/K_{\text{ПТ}}.$$

При известном дидактическом потенциале УМБ по дисциплине значение общего дидактического потенциала можно определить как среднее значение всех УМБ по дисциплинам кафедры:

$$Q_{\text{УМБ}} = \frac{\sum_i Q_i^L}{L},$$

где  $L$  – общее количество дисциплин, преподаваемых на кафедре.

Обобщенный дидактический потенциал имеет и графическое представление в виде кривой отражающей динамику уровня подготовки (рис.) [4, 5].

Данная кривая, ее еще называют «кривая обучаемости» – это графическое представление изменения скорости обучения определенному знанию или виду деятельности. Как правило, способность сохранять в памяти новую информацию максимальна после первых попыток освоения данной деятельности, затем скорость обучения постепенно снижается, что означает необходимость большего числа повторений для усвоения материала [5].

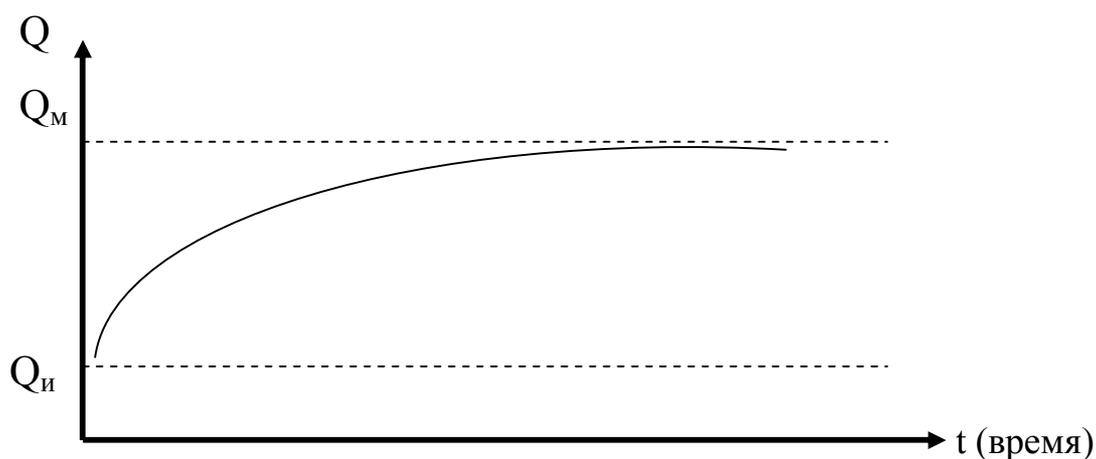


Рис. Кривая динамики уровня подготовки

Кривая обучаемости также иллюстрирует изначальную сложность изучения чего-либо, а также то, насколько много предстоит освоить после начального ознакомления.

Выводы:

1. В настоящее время развитие компьютерных технологий идет быстрыми темпами, поэтому количественная оценка УМБ кафедры на соответствие современным возможностям компьютерных технологий является проблемой актуальной.

2. Регулярная оценка УМБ кафедры на соответствие современным возможностям компьютерных технологий позволит готовить обоснованные рекомендации по ее совершенствованию.

### Литература

1. Информатика. Базовый курс / под ред. С.В. Симоновича. СПб.: Питер, 2013.
2. Подласый И.П. Педагогика. Новый курс. Кн. 1: Общие основы. Процесс обучения. М., 2010.
3. Информативность математической модели процесса обучения. Информационно-управляющие системы / И.И. Степанов [и др.]. М., 2011.
4. Дифференциальные уравнения. Кривая обучения // Math24.ru. URL: <http://www.math24.ru/learning-curve.html> (дата обращения: 08.03.2015).
5. Ritter F.E., Schooler L.J. The learning curve. In International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences (2002), 8602-8605. Amsterdam: Pergamon.

# **ИНТЕГРАТИВНАЯ МОДЕЛЬ ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ СПЕЦИАЛИСТОВ СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННО- КОММУНИКАЦИОННОГО МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА**

**Л.В. Медведева, доктор педагогических наук, профессор,  
заслуженный работник высшей школы Российской Федерации;  
Т.А. Кузьмина.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Описывается методика использования интегративной модели в дополнительном обучении специалистов, занимающихся пожарно-технической экспертизой. Предлагается структура интегративной модели дополнительного обучения и сформулированы педагогические условия использования в этом процессе информационно-коммуникационного методического комплекса. Представлены результаты педагогического эксперимента, проведенного в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России.

*Ключевые слова:* судебно-экспертное учреждение, дополнительное обучение, профессиональные компетенции, обучающая среда, педагогическая модель, интегративная модель, педагогические условия

## **INTEGRATIVE MODEL OF TRAINING SPECIALISTS FORENSIC EXPERT INSTITUTIONS OF STATE FIRE SERVICE WITH THE USE OF INFORMATION AND COMMUNICATION METHODICAL COMPLEX**

L.V. Medvedeva; T.A. Kuzmina.  
Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In article the technique of use of the practical-focused training environment in additional training of the experts who are engaged in a fire investigation is described. The structure of integrative model of additional training is offered and pedagogical conditions of use in this process of the practical-focused training environment are formulated. Results of the pedagogical experiment, carried out at the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia are presented.

*Keywords:* judicial and expert institution, additional training, professional competences, training environment, pedagogical model, integrative model, pedagogical conditions

Реформирование экономической, социальной и многих других сфер жизни современного российского общества не могут не повлечь за собой необходимость реформирования системы дополнительного образования сотрудников Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России. Специфика оперативно-служебной деятельности специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС МЧС России предполагает у них наличие значительного объема постоянно обновляющейся информации в области исследования пожаров, дознания по пожарам, пожарно-технической экспертизы, что периодически требует организации процесса повышения их профессиональной

компетентности (ПК) как в специализированных учебных заведениях, каковыми являются вузы МЧС России, так и непосредственно в комплектующих подразделениях.

Для оценки перспектив развития системы дополнительного образования специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС, а также формулирования ее концептуальных основ, в ходе диссертационного исследования было изучено настоящее состояние этой системы и произведена первичная оценка эффективности ее функционирования.

Приведенные объективные данные делают актуальным выявление перспектив ее обновления и развития как на основе существующего потенциала исследовательского центра экспертизы пожаров Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России, так и других специализированных учреждений МЧС России.

В результате опроса 48 руководителей комплектующих судебно-экспертных учреждений ГПС в качестве основного показателя ПК специалиста была выделена способность применять технические средства при обнаружении, фиксации и исследовании материальных объектов – вещественных доказательств в процессе судебных экспертиз, а главная проблема состоит в поиске новых и технических средств и освоении их возможностей, а также самостоятельной разработке методики их применения на базе документации производителя [1].

Для выявления уровней ПК обучающихся специалистов было опрошено 14 преподавателей специальных и естественно-научных кафедр Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Выявленные уровни ПК представлены в табл. 1.

Таблица 1. Уровни ПК и метапрофессиональных качеств личности обучающегося специалиста

| Уровень ПК        | Содержание уровня ПК специалиста  |
|-------------------|---|
| Базовый           | Способность к проведению необходимых действий с техническими средствами в процессе проведения пожарно-технической экспертизы по существующей методике   |
| Репродуктивный    | Способность к разработке методики проведения необходимых действий с техническими средствами для проведения пожарно-технической экспертизы на базе документации изготовителя технических средств |
| Трансформационный | Способность к выявлению новых технических средств, необходимых для проведения пожарно-технической экспертизы, и разработка для них соответствующей методики                                     |
| Творческий        | Способность к обоснованию необходимости применения новых технических средств, обеспечивающих проведение пожарно-технической экспертизы, и разработка для них соответствующей методики           |

От системы дополнительного образования руководители судебно-экспертных учреждений ожидают расширение базового уровня, совершенствование репродуктивного уровня, развитие уровня трансформации и, наконец, формирование творческого уровня ПК специалистов, что требует обеспечения непрерывности процесса дополнительного образования, то есть его расширения за рамки традиционного очного учебного процесса в базовых вузах и переносе центра тяжести на дистанционный этап при методической и информационной поддержке преподавателей базового вуза.

Для решения этой задачи необходимо обеспечить соблюдение социально-культурных, психологических и организационно-педагогических условий, в число которых входит и применение современных информационно-коммуникационных (ИК) технологий, при этом содержание выявленных трансформационного и творческого уровней ПК предполагает предоставление специалисту судебно-экспертного учреждения соответствующего

инструментария, который бы одновременно позволял обеспечить информационный поиск новых технических средств и являлся дидактическим средством в непрерывном процессе освоения их возможностей на всех этапах процесса дополнительного обучения специалистов. Таким инструментарием может быть ИК программно-методический комплекс.

Под ИК комплексом процесса повышения ПК понимают основанную на применении ИК технологий программно-коммуникационную среду, выполненную на базе единых технологических средств и взаимосвязанного содержательно-предметного наполнения и обеспечивающую качественную дидактическую поддержку очной и дистанционной фаз учебного процесса.

Процесс дополнительного образования, базирующийся на применении современных ИК технологий направлен на приобретение новых предметных знаний обучающимися специалистами, при этом ИК комплекс выступает одновременно в роли предмета изучения как инструмента в будущей профессиональной деятельности обучающегося и дидактического средства процесса повышения его ПК.

Можно выделить вычленив несколько основных типов ИК комплексов:

- ИК комплексы, которые ориентированы на представление предметных знаний, лежащих в основе предстоящей профессиональной деятельности обучающихся;
- ИК комплексы, которые ориентированы на самостоятельную познавательную деятельность обучающихся по приобретению новых предметных знаний;
- смешанный тип ИК комплексов, которые на основе представленных предметных знаний позволяют обучающимся самостоятельно повышать уровень своей ПК.

При этом обычно такими комплексами являются высокотехнологичные сложно структурированные ИК комплексы, которые определяют на программном уровне характер и содержание приобретаемых предметных знаний, формы организации учебного процесса в реализации последовательного приближения к сформулированной итоговой цели процесса повышения ПК возрастных обучающихся.

Такие исследователи, как Ю.Г. Баскин, Е.И. Бражник, И.В. Бутова, А.А. Грешных, О.В. Зимица, Ю.А. Комарова в своих работах демонстрируют эффективность использования общенаучной методологии системного подхода и теории синергетики в изучении условий эффективного применения различных классов ИК комплексов. Одним из преимуществ в применении таких саморегулирующихся систем становится гибкость и недетерминированность иерархий содержания и встроенность в структуру образовательной среды базового вуза, условием успешного функционирования которой является ИК открытость и достаточная активность обучающихся в постоянной работе не только с ИК комплексом.

ИК комплекс как дидактическое средство поддержки процесса повышения ПК специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС можно определить в виде специально организованного самодвижущегося пространства приобретения предметных знаний, для которого характерно единство целевых, содержательных, процессуальных и оценочно-корректировочных составляющих, которые позволяют реализовать основные функции, содержание которых обобщено в табл. 2.

Таблица 2. Основные функции ИК комплекса

| Функция                 | Содержание функции  |
|-------------------------|---|
| Информационно-обучающая | Постоянное расширение и углубление имеющихся и приобретение предметных знаний, необходимых для повышения ПК   |
| Консультационная        | В ходе осмысления содержания предметных знаний и имеющегося профессионального опыта обучающимся удовлетворение его потребности в плановых, текущих и контекстных консультациях преподавателей базового вуза и практических работников |

| Функция                        | Содержание функции   |
|--------------------------------|--|
| Организационно-коммуникативная | В структуре комплекса создается ИК ресурс, который поддерживает возможность обучающихся к профессиональному общению, обмену опытом познавательной деятельности по приобретению предметных знаний |
| Мотивационно-стимулирующая     | Поддержка и активизация деятельности обучающегося специалиста в самообразовании, самосовершенствовании, самореализации в постдипломный период служебной деятельности                             |
| Ценностно-организационная      | Формирование концептуально-мировоззренческой базы своей служебной деятельности, осмысление социально-экономической миссии своего подразделения   |

Без относительной специфики содержания приобретаемых предметных знаний и степени практической направленности учебного процесса ИК методический комплекс должен обеспечить оперативную доставку учебной информации обучающемуся в места его постоянной дислокации, а также поддержку коммуникационных функций между всеми участниками процесса повышения ПК и обратной связи с преподавателем.

Выявленное содержание основных функций ИК методического комплекса позволили соотнести с ними основные педагогические условия его эффективного применения в процессе повышения ПК специалистов и обобщить результат в табл. 3.

**Таблица 3. Основные педагогические условия организации непрерывного процесса повышения ПК на основе применения ИК комплексов**

|  |   |
|--|---|
| Основные педагогические условия  | ИК обеспечение педагогических условий непрерывности процесса повышения ПК   |
| Развитие механизма социального партнерства субъектов процесса повышения ПК   | Программная поддержка коммуникации субъектов процесса повышения ПК в on-line режиме на всех стадиях   |
| Опора на практико-ориентированные формы и современные ИК технологии  | Учебные задания носят практико-ориентированный характер и оперативно предъявляются по мере освоения новых ПК  |
| Ориентация преподавательского состава на интеграцию ИК методических комплексов в образовательную среду вуза в качестве единой стратегии реализации процесса повышения ПК | Интерфейс ИК комплекса соответствует основным программным решениям в учебно-методических комплексах, используемых в вузе по другим направлениям учебного процесса вуза  |
| Направленность педагогической деятельности преподавательского состава на приобретение обучающимися профессионально-значимых знаний                                       | ИК обеспечение процесса выполнения обучающимся служебных заданий и освоении новых технических средств на трансформационном и творческом уровнях ПК со стороны преподавателей вуза в режиме удаленного доступа |
| Трансляции образовательных достижений обучающихся  | ИК поддержка процесса профессионального взаимодействия обучающихся, руководства подразделения, преподавателей вуза  |

|   |  |
|---|--|
| Основные педагогические условия   | ИК обеспечение педагогических условий непрерывности процесса повышения ПК  |
| Приобретение обучающимися профессионально-значимых знаний основано на решении практических задач с использованием реального ИК инструментария | Текущая база данных комплекса обеспечивает информационную поддержку выполнения служебных заданий для всех уровней ПК специалиста. Обеспечена возможность ее оперативного пополнения при возникновении новых профессиональных задач |

К основным требованиям к ИК комплексу как дидактическому средству поддержки непрерывного процесса повышения ПК специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС можно отнести:

- наличие направленности на приобретение профессионально-значимых знаний; опора на применение ИК технологий в ходе приобретения предметных знаний;
- поддержка необходимых дидактических механизмов, которые могут обеспечить приобретение предметных знаний;
- наличие возможности использования ИК технологий, которые могут способствовать процессам личностного саморазвития специалиста;
- существование объективных условий и наличие необходимых факторов, которые детерминировали бы направленность возрастных сотрудников на развитие и саморазвитие ПК.

На основе выявленных основных функций и содержания главных требований к структуре сформирован ИК комплекс поддержки процесса непрерывного повышения ПК специалистов судебно-экспертных учреждений (СЭУ) ГПС, функциональная схема которого представлена на рис. 1.

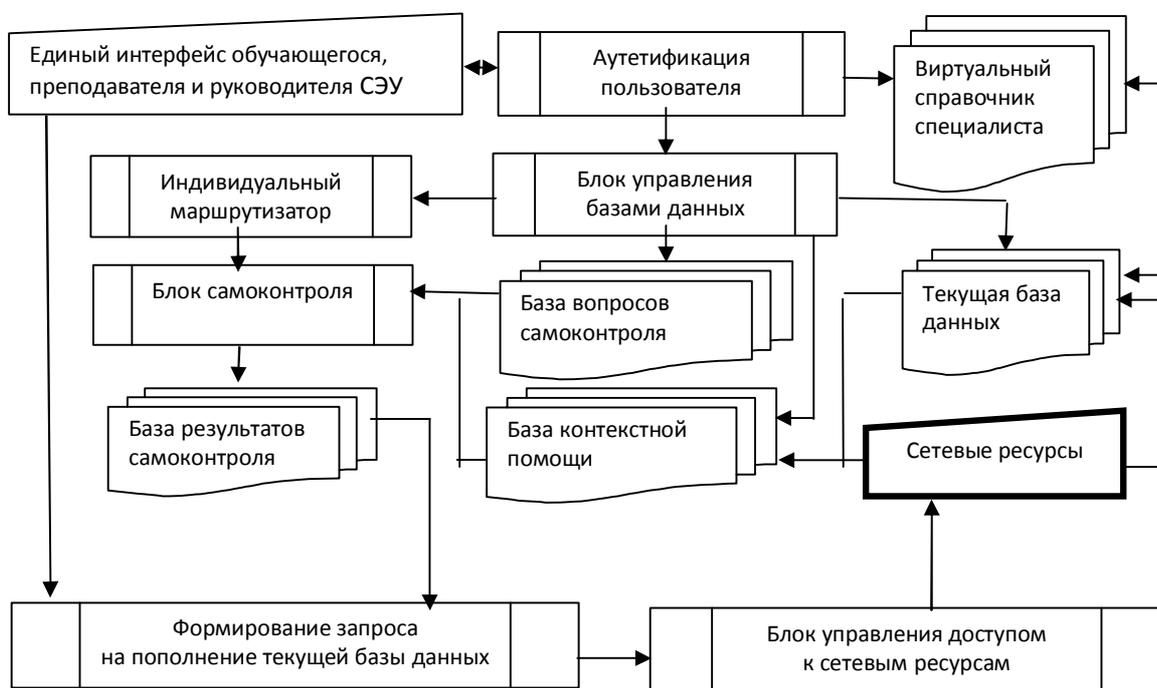


Рис. 1. Функциональная схема ИК комплекса

Базируясь на принципах системно-деятельностного и личностно-ориентированного подходов и применяя основные положения теории управления педагогическими системами, можно определить место ИК комплекса как дидактического средства поддержки непрерывного повышения ПК специалистов в структурно-интегративной образовательной модели этого процесса, представленной на рис. 2.

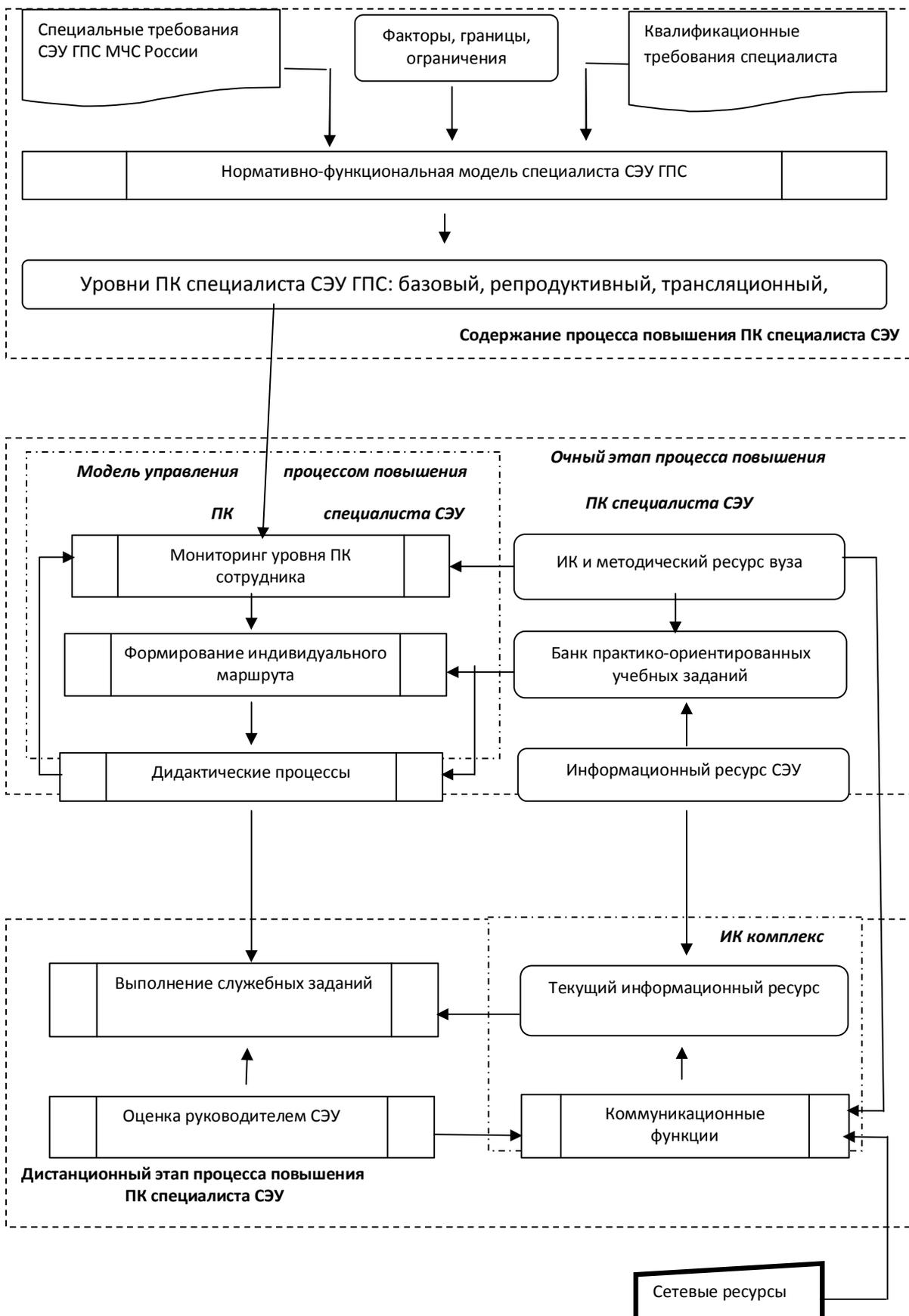


Рис. 2. Структурно-интегративная образовательная модель непрерывного процесса повышения ПК специалистов на основе применения ИК комплекса

В ходе процесса программной реализации структуры ИК комплекса и актуализации ее информационного поля применительно к особенностям процесса дополнительного образования специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС было принято решение в качестве основы проектируемого ИК комплекса использовать архитектуру «клиент-сервер», причем в качестве клиентского терминала может использоваться любая из программ-браузеров, установленная на рабочем месте.

Кроме того, рассмотрена организация и методика педагогического эксперимента по применению ИК методического комплекса при дополнительном образовании специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС.

В педагогическом эксперименте приняли участие 48 обучающихся: 23 составили экспериментальную группу, 25 – контрольную. Обучающиеся занимали в своих подразделениях должности начальников секторов, старших экспертов, экспертов, старших инженеров, инженеров.

Изучение данных об уровне базового образования, а также информации, предоставленной руководителями комплектующих подразделений, позволяет сделать вывод об аутентичности состава экспериментальной и контрольной групп обучающихся, что позволило выбрать параллельную схему формирующего эксперимента, представленную в табл. 4.

Таблица 4. Схема формирующего эксперимента

| Условия проведения эксперимента                            | Группа обучающихся  |  |
|--|---|--|
|  | экспериментальная (n=23)  | контрольная (n=25)   |
| Форма обучения   | Очно-дистанционная  | Очная  |
| Продолжительность процесса повышения ПК                    | Очный этап – 72 ч<br>Дистанционный этап – 8 недель                  | 72 ч   |
| Информационная поддержка практической деятельности         | Обновляемые в режиме on-line базы данных                            | Пакет документов при завершении процесса повышения ПК                              |
| Дидактические средства в обеспечении процесса повышения ПК | ИК комплекс   | Традиционные: методические указания, тесты   |
| Организация самостоятельной работы                         | Движение по индивидуальному образовательному маршруту               | Выполнение типовых учебных заданий   |
| Содержание выполняемых учебных заданий                     | Формируется индивидуально, на основе специфики деятельности СЭУ ГПС | Традиционное, на основе требований ФГОС специальности 031003 «Судебная экспертиза» |
| Организация дистанционного консультирования                | Пополнения базы контекстной помощи, консультации on-line            | Консультации в режиме on-line  |

Процесс дополнительного образования слушателей контрольной группы был организован по традиционной схеме очного учебного процесса.

Очная фаза процесса дополнительного образования слушателей экспериментальной группы проводилась с применением ИК комплекса, при этом ее информационная составляющая носила динамический характер и формировалась в соответствии с пожеланиями руководства судебно-экспертного учреждения ГПС, поэтому базы данных в значительной степени носили индивидуальный характер, а процесс повышения уровня ПК

носил характер движения обучающегося по индивидуальному образовательному маршруту при технической и методической помощи преподавателя. Процедуры обращения обучающихся специалистов к опциям контекстной помощи, самоконтроля, а также дополнения текущей базы данных ИК комплекса актуальной нормативно-технической документации фиксировались как на очном, так и дистанционном этапе процесса повышения ПК, для чего передаваемый обучающимся программный продукт был дополнен специальным макросом. В ходе дистанционной фазы процесса дополнительного образования обучающийся выполнял служебные задания, поставленные перед ним руководителем судебно-экспертного учреждения ГПС, при on-line поддержке преподавателей Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России. Временная зависимость количества запросов на дополнение баз данных ИК комплекса и количества проведенных on-line дистанционных консультаций представлена на рис. 3.

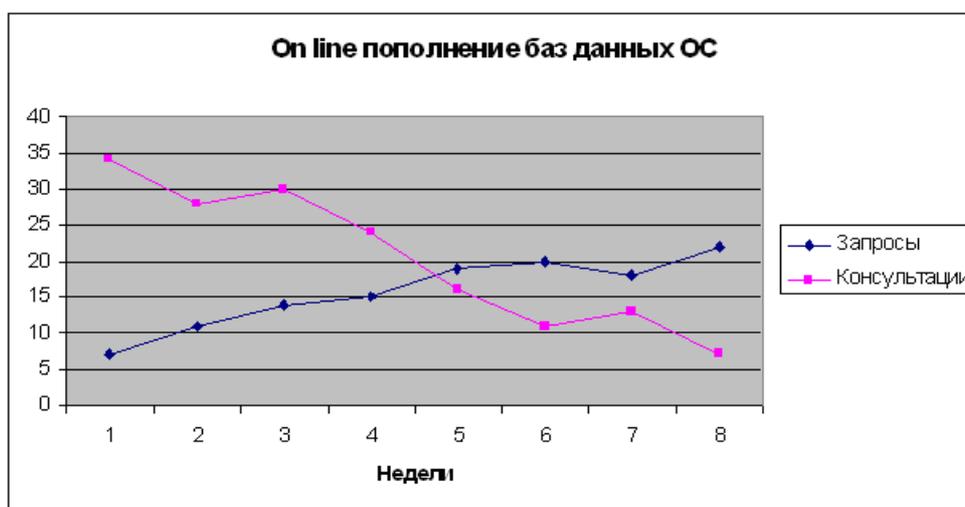


Рис. 3. Количество запросов на дополнение баз данных и количество проведенных on-line консультаций

Достаточно монотонное падение числа проведенных дистанционных консультаций и определенная стабилизация начиная с пятой недели количества запросов на пополнение баз данных информационного блока ИК комплекса подтверждает корректность решений по формированию его структуры.

Предварительная оценка результатов формирующего эксперимента проводилась с применением штатной системы тестирования ИК комплекса. Предлагаемые вопросы охватывали наиболее значимые дидактические единицы рабочей программы процесса повышения ПК и позволяли оценить достаточность ПК у обучающихся специалистов применять технические средства при обнаружении, фиксации и исследовании материальных объектов – вещественных доказательств в процессе судебных пожарно-технических экспертиз. Результаты ответов на 20 вопросов теста представлены в табл. 5.

Таблица 5. Результаты очного тестирования обучающихся

| №                      | Группа / Вопросы   | 1  | 2  | 3  | 4  | 5                                | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | $X_{мэ}$ | $\sigma_э$ |
|------------------------|--------------------|----|----|----|----|----------------------------------|----|----|----|----|----|----------|------------|
| 1                      | Эксперимент (n=23) | 0  | 0  | 0  | 0  | 0                                | 0  | 1  | 0  | 1  | 0  | 14,78    | 3,074      |
| 2                      | Контрольная (n=25) | 0  | 0  | 0  | 2  | 1                                | 1  | 0  | 1  | 3  | 2  |          |            |
| 3                      | Группа / Вопросы   | 11 | 12 | 13 | 14 | 15                               | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | $X_{мк}$ | $\sigma_к$ |
| 4                      | Эксперимент (n=23) | 1  | 1  | 3  | 2  | 5                                | 0  | 5  | 2  | 2  | 0  | 10,92    | 3,336      |
| 5                      | Контрольная (n=25) | 3  | 3  | 4  | 3  | 1                                | 1  | 0  | 0  | 0  | 0  |          |            |
| Средняя ошибка = 0,928 |                    |    |    |    |    | Коэффициент достоверности = 4,16 |    |    |    |    |    |          |            |

Учитывая ограниченность базы формирующего эксперимента, для оценки его результатов в качестве критерия был принят коэффициент достоверности Стьюдента, который характеризует статистическую значимость различий между двумя случайными множествами и численно равен отношению разности математических ожиданий к средней ошибке. Результаты очного тестирования демонстрируют статистическую значимость различий с вероятностью 0,95 в уровне ПК слушателей экспериментальной и контрольной групп, поскольку коэффициент достоверности больше одного.

Статистическая значимость различий в результатах оценки уровня ПК у обучающихся руководителями судебно-экспертных учреждений ГПС по завершению дистанционного этапа процесса дополнительного образования, приведенные в табл. 6, позволяет сделать вывод об эффективности применения ИК комплексов как дидактического средства процесса дополнительного образования специалистов судебно-экспертных учреждений ГПС.

Таблица 6. Результаты оценки уровня ПК руководителями судебно-экспертных учреждений ГПС

| № | Группа             | Уровень   |                |              |            | $X_m$ | $\sigma$ | Средняя ошибка | Коэффициент достоверности |
|---|--------------------|-----------|----------------|--------------|------------|-------|----------|----------------|---------------------------|
|   |                    | Начальный | Репродуктивный | Продуктивный | Творческий |       |          |                |                           |
| 1 | Эксперимент (n=23) | 3         | 4              | 11           | 5          | 2,96  | 0,88     | 0,269          | 2,52                      |
| 2 | Контрольная (n=25) | 6         | 9              | 7            | 3          | 2,28  | 0,98     |                |                           |

### Литература

1. Квалификационные требования к сотрудникам федеральной противопожарной службы МЧС России по специальности «Судебная пожарно-техническая экспертиза» от 19 сент. 2011 г. // Исследовательский центр экспертизы пожаров. URL: <http://fire-expert.spb.ru/> (дата обращения: 03.04.2015).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТАКСОНОМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ УЧЕБНЫХ ЗАДАЧ ТРЕНАЖНЫХ СРЕДСТВ

**В.А. Онов, кандидат технических наук, доцент;**

**Д.В. Павлов.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

К настоящему времени наиболее широкое применение при проведении сравнительного анализа данных, характеризующихся множеством разнообразных признаков, нашли таксономические методы. Знание этих методов расширяет возможности проведения разнообразных сопоставлений на многомерных объектах.

*Ключевые слова:* сравнительный анализ, таксономические методы, матрица расстояний, база знаний тренажных средств

## USING TAXONOMIC METHODS FOR FORMING LEARNING TASKS OF TRAINING FACILITIES

V.A. Onov; D.V. Pavlov.

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

To date, the most widely used in the comparative analysis of the data, which are characterized by a variety of features found taxonomic methods. Knowledge of these methods thus enhances Spend-variety of comparisons on multidimensional objects.

*Keywords:* comparative analysis, taxonomic methods, distance matrix, knowledge base trenazhnyh funds

Для организации управляемого процесса подготовки персонала для дежурно-диспетчерских служб (ДДС) системы-112 по ведению чрезвычайных ситуаций (ЧС) (происшествий) при решении ими задач управления во всем множестве прогнозируемых условий по ЧС необходимо решить задачу формирования и автоматизированного представления обучаемым этих условий в ходе тренировочных занятий в виде учебных задач (УЗ).

При этом под учебной задачей понимается представляемый обучаемым учебно-информационной моделью тренажного средства эпизод ЧС (происшествия), характеризуемый определенными условиями, которые требуют использования соответствующих режимов и выполнения определенных операций работы [1].

Эпизод ЧС будет характеризоваться множеством разнообразных признаков, число которых достигнет нескольких десятков.

Это позволяет представить каждый режим, тему и учебную задачу в виде многомерных объектов, которые могут быть исследованы при помощи методов многомерного сравнительного анализа.

Множество учебных задач должно быть упорядочено по сложности, что позволит выдавать обучающемуся учебную информацию с учетом его текущего уровня подготовки.

В таксономических методах сопоставления проводятся с помощью матрицы расстояний [2].

Основным понятием, используемым в таксономических методах, является так называемое таксономическое расстояние. Это – расстояние между точками многомерного пространства, исчисляемое чаще всего по правилам аналитической геометрии. Размерность пространства определяется числом признаков, характеризующих единицы изучаемой совокупности (в данном случае под совокупностью понимается множество учебных задач). Таким образом, таксономическое расстояние исчисляется между точками-единицами УЗ, расположенными в многомерном пространстве УЗ.

Исчисленные расстояния позволяют определить положение каждой точки УЗ относительно остальных точек УЗ и, следовательно, определить место этой точки УЗ во всей совокупности УЗ, что делает возможным их упорядочение и классификацию.

Методы таксономии используется для разбиения множества всех режимов и тем на однородные подмножества (классы).

Таксономические методы можно разделить на три группы: методы упорядочения, методы разбиения, методы выбора репрезентантов групп.

Первая группа включает методы, упорядочивающие единицы изучаемой совокупности, причем здесь можно выделить два направления. В одном случае достигается линейное упорядочение, в другом – нелинейное.

Вторая группа методов имеет дело с задачами разбиения множества на группы однородных элементов при сопоставлении объектов, характеризуемых большим числом признаков.

Третья группа таксономических методов применяется с целью выбора репрезентантов групп. Она имеет большое значение, особенно при нахождении так называемых диагностических признаков, то есть признаков, передающих самые существенные особенности весьма многочисленного набора исходных признаков.

Прежде чем прибегнуть к помощи методов сравнительного анализа, необходимо выполнить определенные преобразования. Исходным шагом является формирование матрицы наблюдений. Эта матрица содержит наиболее полную характеристику изучаемого множества и благодаря этому играет важную роль в дальнейшем исследовании.

1. Каждый режим и тема рассматривается как многомерный объект и интерпретируется точкой  $n$ -мерного пространства с координатами, равными значениям  $n$  признаков. В соответствии с этим информация о них представляется в виде матрицы:

$$Y = \begin{pmatrix} Y_{11} & Y_{12} & \dots & Y_{1k} & \dots & Y_{1n} \\ Y_{21} & Y_{22} & \dots & Y_{2k} & \dots & Y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{i1} & Y_{i2} & \dots & Y_{ik} & \dots & Y_{in} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ Y_{v1} & Y_{v2} & \dots & Y_{vk} & \dots & Y_{vn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $v$  – число режимов и тем;  $n$  – число признаков;  $Y_{ik}$  – значение признака  $k$  для режима (темы)  $i$ .

2. С целью обеспечения их сопоставимости при выполнении вычислительных процедур и устранения неоднородности единиц их измерения осуществляется нормирование (стандартизация) значений признаков, представленных матрицей (1). Определение стандартизованного значения  $k$ -го признака для  $i$ -го режима (темы) ( $C_{ik}$ ) осуществляется в соответствии с формулой:

$$G_{ik} = \frac{Y_{ik} - \bar{Y}_k}{S_k}, \quad (2)$$

причем

$$\bar{Y}_k = \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V Y_{ik}; \quad (3)$$

$$S_k = \left| \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V (Y_{ik} - \bar{Y}_k)^2 \right|^{\frac{1}{2}}, \quad (4)$$

где  $k=1, 2, \dots, n$ ;  $Y_{ik}$  – значение признака  $k$  для режима (темы)  $i$ ;  $\bar{Y}_k$  – среднее арифметическое значение признака  $k$ ;  $S_k$  – стандартное отклонение признака  $k$  для режима (темы)  $i$ .

С учетом зависимостей (2–4), матрица (1) записывается в виде:

$$C = \left( C_{ik}, i = 1, V; k = \overline{1, n} \right) .$$

Стандартизация переменных позволяет провести расчет элементов матрицы, описывающих расстояние между точками  $n$ -мерного пространства, определяемого числом признаков сравниваемых режимов (тем), то есть определить так называемое таксономическое расстояние.

3. Рассчитывается матрица таксономических расстояний [2]:

$$F = (F_{rs}, r, s = \overline{1, n}),$$

элементы которой  $F_{rs}$  представляют собой среднюю разность значений признаков, то есть определяется расстояние между значениями  $r$ -го и  $s$ -го признаков для всех режимов (тем) и вычисляются по формуле:

$$F_{rs} = \left[ \frac{1}{V} \sum_{i=1}^V (C_{ir} - \overline{C}_{is})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, \quad r, s = \overline{1, n}$$

После исчисления расстояния между всеми единицами данной совокупности получаем матрицу расстояний. Ее можно записать в следующем виде:

$$F = \begin{pmatrix} 0 & F_{12} & \dots & F_{1i} & \dots & F_{1p} & \dots & F_{1v} \\ F_{21} & 0 & \dots & F_{2i} & \dots & F_{2p} & \dots & F_{2v} \\ \dots & \dots \\ F_{i1} & F_{i2} & \dots & 0 & \dots & F_{ip} & \dots & F_{iv} \\ \dots & \dots \\ F_{p1} & F_{p2} & \dots & F_{pi} & \dots & 0 & \dots & F_{pv} \\ \dots & \dots \\ F_{v1} & F_{v2} & \dots & F_{vi} & \dots & F_{vp} & \dots & 0 \end{pmatrix}.$$

Элементы этой матрицы служат основой для проведения исследований с помощью таксономических процедур. Они обладают следующими свойствами [3]:

$$\begin{aligned} F_{rr} &= 0, \\ F_{rs} &= F_{sr}, \\ F_{rs} &< F_{rl} + F_{ls}, \quad r, s, l = \overline{1, n}. \end{aligned}$$

Таким образом, проведя ряд преобразований, возможно использовать таксономические методы для получения упорядоченных по сложности учебных задач, обеспечивающих подготовку персонала для дежурно-диспетчерских служб системы-112 во всех прогнозируемых условиях ЧС (происшествий).

Полученная в результате исследований, библиотека учебных задач может служить основой базы знаний тренажных средств, построенных на основе реализации методов ситуационного управления.

### **Литература**

1. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А., Губин Г.С. Информационная микроэкономика (анализ закономерностей и моделирование). СПб.: Нордмед-Издат, 1998. Ч. 2.
2. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А., Табухов М.Е. Управление в экономических и социальных системах. СПб.: Нордмед-Издат, 2001.
3. Ивченко Б.П., Мартыщенко Л.А., Иванцев И.Б. Информационная микроэкономика (Методы анализа и прогнозирования). СПб.: Нордмед-Издат, 1998. Ч. 1.



## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Бажухин Александр Викторович** – инж. ООО «Промстандарт» (197136, Санкт-Петербург, ул. Полозова, д. 12, оф. 1), тел. (812) 232-81-63, тел. (812) 315-36-17, e-mail: bazhukhin@gmail.com;

**Бреки Александр Джалюльевич** – доц. каф. «Машиноведение и основы конструирования» СПб политехн. ун-та (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), тел. (812) 552-64-290, e-mail: albreki@yandex.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Веттегрень Виктор Иванович** – вед. науч. сотр. Физ.-техн. ин-та им. А.Ф. Иоффе РАН (194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26), тел. (812) 292-71-39, e-mail: Victor.Vettegren@mail.ioffe.ru, д-р физ.-мат. наук, проф.;

**Галышев Юрий Виталиевич** – зав. каф. «Двигатели, автомобили и гусеничные машины» СПб политехн. ун-та (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), тел. (812) 552-77-85, e-mail: galyshev57@yandex.ru, д-р техн. наук, доц.;

**Гусев Николай Николаевич** – дир. ООО «НПФ «Лидинг» (197136, Санкт-Петербург, ул. Полозова, д. 12, оф. 1), e-mail: goussev\_nn@mail.ru;

**Заборский Борис Викторович** – проф. каф. высш. мат. и сист. моделир. слож. процессов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: bvzaborskiy@inbox.ru, канд. техн. наук, доц.;

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

**Иванов Алексей Владимирович** – зам. нач. фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 645-20-25, e-mail: avivanov@igps.ru, канд. техн. наук;

**Ивановский Дмитрий Константинович** – аспирант каф. «Двигатели, автомобили и гусеничные машины» СПб политехн. ун-та (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), тел. (812) 552-85-80, e-mail: ivanko89@mail.ru;

**Ивахнюк Григорий Константинович** – проф. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12, e-mail: ivachnyuk@igps.ru, д-р хим. наук, проф.;

**Казакова Надежда Рашидовна** – адъюнкт фак-та подгот. кадров высш. квалификации СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

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

**Кутузов Василий Васильевич** – проф. каф. пож. безопасн. зданий и автоматизир. систем пожаротушения СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: Kutuzov-w@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Ляшков Александр Иванович** – ст. науч. сотр. Физ.-техн. ин-та им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26), канд. физ.-мат. наук;

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

**Мешалкина Марина Николаевна** – зав. лаб. «Информационные системы мониторинга» СПб. гос. политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), канд. техн. наук, доц.;

**Онов Виталий Александрович** – нач. каф. сист. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 338-99-63, e-mail: saim\_ugps@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Павлов Дмитрий Владимирович** – ст. препод. каф. сист. анализа и антикризис. упр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 338-99-63, e-mail: saim\_ugps@mail.ru;

**Поваров Алексей Вадимович** – нач. отд. инф.-техн. обеспеч. учеб. проц. СПб. ун-та МВД России (193024, Санкт-Петербург, ул. 3-я Советская, д. 50/3), e-mail: «9846788@mail.ru»;

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

**Полянская Татьяна Владимировна** – курсант 45 учеб. гр. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: «tatiys27@yandex.ru»;

**Попов Борис Иванович** – гл. специалист Всесоюзн. науч.-исслед. ин-та метрологии им. Д.И. Менделеева (190005, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 19), канд. техн. наук, доц;

**Потапов Степан Иванович** – слушатель 5 курса СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: stipun@yandex.ru;

**Прозоровская Светлана Дмитриевна** – доц. каф. высш. мат. и сист. моделир. слож. процессов СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), e-mail: sdp040190@ya.ru, канд. пед. наук, доц.;

**Савчук Олег Николаевич** – проф. каф. сервиса безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-25-85, e-mail: savchuk.o@igps.ru, канд. техн. наук, проф., засл. работник высш. шк. РФ;

**Скрипник Игорь Леонидович** – зам. нач. каф. пож. безопасн. технол. процессов и пр-в СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), тел. (812) 369-00-12, e-mail: skrupnyk@igps.ru, канд. техн. наук;

**Толочко Олег Викторович** – проф. каф. «Технология и исследование материалов» СПб политехн. ун-та (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), тел. (812) 552-73-73, e-mail: oleg@ftim.spbstu.ru, д-р техн. наук, проф.;

**Шабанов Александр Юрьевич** – проф. каф. «Двигатели, автомобили и гусеничные машины» СПб политехн. ун-та (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), тел. (812) 552-85-80, e-mail: aush@mail.ru, канд. техн. наук, доц.;

**Щербаков Игорь Петрович** – ст. науч. сотр. Физ.-техн. ин-та им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук (194021, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 26), канд. физ.-мат. наук;

**Цветков Валерий Александрович** – доц. каф. измерит. информ. технологий СПб. гос. политехн. ун-та Петра Великого (195251, Санкт-Петербург, ул. Политехническая, д. 29), канд. техн. наук, доц.



---

---

## ИНФОРМАЦИОННАЯ СПРАВКА

---

---

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

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

Учебным заведением за более чем вековую историю подготовлено более 30 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 профессионального образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» – современный научно-образовательный комплекс, интегрированный в мировое научно-образовательное пространство. Подготовка специалистов в университете организована по очной и заочной формам обучения, а также с использованием дистанционных образовательных технологий. Проводится обучение по программам среднего профессионального образования, высшего образования, а также подготовка специалистов высшей квалификации: докторантов, адъюнктов, аспирантов, переподготовка и повышение квалификации специалистов более 30 категорий сотрудников МЧС России.

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

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

Широта научных интересов, высокий профессионализм, большой опыт научно-педагогической деятельности, владение современными методами научных исследований, позволяют коллективу университета преумножать научный и научно-педагогический потенциал вуза, обеспечивать непрерывность и преемственность образовательного процесса. Сегодня в университете свои знания и огромный опыт передают 2 академика РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 6 заслуженных деятелей науки РФ, 22 заслуженных работника высшей

школы РФ, 2 заслуженных юриста РФ, заслуженные изобретатели РФ и СССР. Подготовку специалистов высокой квалификации в настоящее время в университете осуществляют 4 лауреата Премии Правительства РФ в области науки и техники, 84 доктора наук, 327 кандидатов наук, 91 профессор, 157 доцентов, 26 академиков отраслевых академий, 26 членов-корреспондентов отраслевых академий, 7 старших научных сотрудников, 1 заслуженный деятель республики Дагестан, 4 почетных работника высшего профессионального образования РФ, 2 почетных работника науки и техники РФ, 1 почетный работник высшей школы РФ и 1 почетный радист РФ.

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

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

В состав университета входят:

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

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

В университете созданы:

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

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

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

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

В настоящее время в университете функционирует 4 диссертационных совета, 3 по техническим наукам, 1 по психолого-педагогическим наукам. За 2014 г. защищено

9 кандидатских диссертаций: 4 по техническим наукам, 4 по педагогическим наукам и 1 по психологическим.

В университете осуществляется подготовка специалистов высшей квалификации, в том числе и на возмездной основе. Подготовка докторантов, адъюнктов, аспирантов и соискателей осуществляется по 9 отраслям науки и 34 специальностям.

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

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

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

Основанный в 1994 г. факультет заочного обучения в 2007 г. Приказом МЧС России № 387 преобразован в институт заочного и дистанционного обучения.

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

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

института являются органы МЧС России, юридические и физические лица Северо-Западного и других регионов России, фирмы США, Италии, Германии, Норвегии, Финляндии, Литвы и других стран.

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

Ежегодно в университете проводятся международные научно-практические конференции, семинары и «круглые столы» по широкому спектру теоретических и научно-прикладных проблем, в том числе по развитию системы предупреждения, ликвидации и снижения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, совершенствованию организации взаимодействия различных административных структур в условиях экстремальных ситуаций и др.

Среди них: Международная научно-практическая конференция «Сервис безопасности в России: опыт, проблемы и перспективы», Международный семинар «Предупреждение пожаров и организация надзорной деятельности», Международная научно-практическая конференция «Международный опыт подготовки специалистов пожарно-спасательных служб», Научно-практическая конференция «Совершенствование работы в области обеспечения безопасности людей на водных объектах при проведении поисковых и аварийно-спасательных работ», Международный конгресс «Вопросы создания и перспективы развития кадетского движения в МЧС России», межкафедральные семинары «Математическое моделирование процессов природных пожаров», «Информационное обеспечение безопасности при ЧС», «Актуальные проблемы отраслей науки», которые каждый год привлекают ведущих российских и зарубежных ученых и специалистов пожарно-спасательных подразделений.

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

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

Санкт-Петербургским университетом ГПС МЧС России заключено более 16 договоров и соглашений о научно-техническом сотрудничестве в целях наиболее полного и эффективного использования интеллектуального и материально-технического потенциала и решения проблем, связанных с развитием сторон. Среди них: учреждение Российской

академии наук Красноярский научный центр Сибирского отделения РАН (КНЦ СО РАН), ГОУ ВПО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнева, ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Учреждение Российской академии наук – Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» Красноярского научного центра СО РАН (СКТБ «Наука» КНЦ СО РАН), Петербургский энергетический институт повышения квалификации, Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого, ГБУ науки «Институт динамики геосфер Российской академии наук».

Санкт-Петербургский университет на протяжении нескольких лет сотрудничает с Государственным Эрмитажем в области инновационных проектов по пожарной безопасности объектов культурного наследия.

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

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

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

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

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

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

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

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

В рамках научного сотрудничества с зарубежными вузами и научными центрами издается российско-сербский научно-аналитический журнал «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности». Университетом заключен договор с Российско-сербским гуманитарным центром (г. Ниш). В сентябре 2014 г. в рамках

сотрудничества в университете проведен семинар с представителями пожарно-спасательных служб Сербии по вопросам деятельности газодымозащитных служб.

В 2014 г. университетом проводился набор курсантов, обучавшихся в образовательных учреждениях пожарно-технического профиля Республики Украина, поступающих от Республики Крым и города Севастополь в количестве 11 человек по очной и 13 слушателей по заочной форме обучения.

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

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

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

Издается ежемесячный информационно-аналитический сборник центра международной деятельности и информационной политики, аналитические обзоры по пожарно-спасательной тематике. Переведен на английский язык и постоянно обновляется сайт университета.

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

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

Библиотека университета соответствует всем современным требованиям. Фонд библиотеки университета составляет более 426 тыс. экземпляров литературы по всем отраслям знаний. Фонды библиотеки имеют информационное обеспечение и объединены в единую локальную сеть. Все процессы автоматизированы. Установлена библиотечная программа «Ирбис». В библиотеке осуществляется электронная книговыдача.

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

В фонде библиотеки насчитывается более 150 экземпляров редких и ценных изданий. Библиотека располагает богатым фондом периодических изданий, их число составляет 8 261 экземпляр. На 2015 г., в соответствии с требованиями ГОС, выписано 130 наименований журналов и газет, из них более 50 наименований с грифом ВАК. Издания

периодической печати активно используются читателями в учебной и научно-исследовательской деятельности. Также выписываются иностранные журналы.

На базе библиотеки создана профессорская библиотека и профессорский клуб университета.

Типографский комплекс университета оснащен современным типографским оборудованием для полноцветной печати, позволяющим обеспечивать не только заказы на печатную продукцию университета, но и план издательской деятельности Министерства. Университет издает 7 научных журналов, публикуются материалы ряда международных и всероссийских научных конференций, сборники научных трудов профессорско-преподавательского состава университета. Издания университета соответствуют требованиям законодательства РФ и включены в электронную базу Научной электронной библиотеки для определения Российского индекса научного цитирования, а также имеют международный индекс. Научно-аналитический журнал «Проблемы управления рисками в техносфере» и электронный «Научно-аналитический журнал «Вестник Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России» включены в утвержденный решением Высшей аттестационной комиссии «Перечень периодических научных и научно-технических изданий, выпускаемых в Российской Федерации, в которых рекомендуется публикация результатов диссертаций на соискание ученой степени доктора наук и кандидата наук».

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

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

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

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

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

Корпус осуществляет подготовку кадетов по общеобразовательным программам среднего общего образования с учетом специфики вуза.

В 2012–2014 гг. нештатные подразделения спасения университета, в состав которых входили сотрудники структурных подразделений, руководство и курсанты факультета пожарной безопасности, факультета экономики и права принимали участие в ликвидации последствий крупнейших природных чрезвычайных ситуаций в Краснодарском крае (г. Крымск), на Дальнем Востоке и Южном Урале.

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

В составе сборной команды университета по пожарно-прикладному спорту (ППС) неоднократные чемпионы и призеры мировых первенств, международных и российских

турниров. Деятельность команды университета ППС: участие в чемпионатах России среди вузов (зимний и летний), в зональных соревнованиях и чемпионате России, а также проведение бесед и консультаций, оказание практической помощи юным пожарным кадетам и спасателям при проведении тренировок по ППС. В университете создан спортивный клуб «Невские львы», в состав которого входят команды по пожарно-прикладному и аварийно-спасательному спорту, хоккею, американскому футболу, волейболу, баскетболу, силовым единоборствам, черлидингу и др. В составе сборных команд университета – чемпионы и призеры мировых первенств и международных турниров. В октябре 2014 г. спортивный клуб «Невские львы» принят в Ассоциацию студенческих спортивных клубов России.

Курсанты и слушатели имеют прекрасные возможности для повышения своего культурного уровня, развития творческих способностей в созданном в университете культурно-досуговом центре. Обучающиеся университета принимают активное участие в играх КВН среди команд структурных подразделений МЧС России, ежегодных профессионально-творческих конкурсах «Мисс МЧС России», «Лучший клуб», «Лучший музей», конкурсе музыкального творчества пожарных и спасателей «Мелодии Чутких Сердец».

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

Одной из задач Центра является совершенствование нравственно-патриотического и духовно-эстетического воспитания личного состава, обеспечение строгого соблюдения дисциплины и законности, укрепление корпоративного духа сотрудников, формирование гордости за принадлежность к Министерству и университету. Парадный расчет университета традиционно принимает участие в параде войск Санкт-Петербургского гарнизона, посвященном Дню Победы в Великой Отечественной войне. Слушатели и курсанты университета – постоянные участники торжественных и праздничных мероприятий, проводимых МЧС России, Санкт-Петербургом и Ленинградской областью, приуроченных к государственным праздникам и историческим событиям.

В университете из числа курсантов и слушателей создано творческое объединение «Молодежный пресс-центр», осуществляющее выпуск корпоративного журнала университета «Первый». В 2014 г. курсанты «Молодёжного пресс-центра» впервые прошли производственную практику в Управлении организации информирования населения МЧС России.

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



---

---

# АВТОРАМ ЖУРНАЛА

## «ПРИРОДНЫЕ И ТЕХНОГЕННЫЕ РИСКИ»

### (ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ)

---

---

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

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

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

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

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

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

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

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

### **3. Оформление текста:**

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

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

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

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

### **4. Оформление формул в тексте:**

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

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

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

## **5. Оформление рисунков и таблиц:**

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

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

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

г) таблицы должны иметь «вертикальное» построение;

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

## **6. Оформление библиографии (списка литературы):**

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

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

Пристатейные библиографические списки должны соответствовать ГОСТ Р 7.0.5–2008.

Примеры оформления списка литературы:

### **Литература**

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

2. Информационные аналитические признаки диагностики нефтепродуктов на местах чрезвычайных ситуаций / М.А. Галишев [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. Грждяну 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](http://www.tverlingua.by.ru/archive/005/5_3_1.htm) (дата обращения: 15.12.2007).

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

## **7. Оформление раздела «Сведения об авторах»**

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

*Статья должна быть подписана авторами и указаны контактные телефоны.*

**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 ВПО «Санкт-Петербургский университет**  
**Государственной противопожарной службы»**

Научно-аналитический журнал

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

**№ 2 (14) – 2015**

Выпускающий редактор П.А. Болотова

---

Подписано в печать 26.06.2015. Формат 60×84<sub>1/8</sub>.  
Усл.-печ. 10,25 л. Тираж 1000 экз. Зак. № 128

---

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