

НАУЧНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
**НАДЗОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ  
И СУДЕБНАЯ ЭКСПЕРТИЗА  
В СИСТЕМЕ БЕЗОПАСНОСТИ**  
№ 1 – 2019

**Редакционный совет**

**Председатель** – кандидат экономических наук генерал-лейтенант внутренней службы **Чижиков Эдуард Николаевич**, начальник университета.

**Сопредседатель** – доктор наук **Савич Бранко**, директор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

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

**Заместитель председателя** – доктор наук **Милисавлевич Бранко**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

**Члены редакционного совета:**

доктор технических наук, профессор **Шарапов Сергей Владимирович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

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

доктор медицинских наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации, почетный работник высшей профессиональной школы России **Коннова Людмила Алексеевна**, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

доктор технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Галишев Михаил Алексеевич**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

доктор химических наук, профессор **Ивахнюк Григорий Константинович**, профессор кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств;

доктор химических наук, профессор **Сиротинкин Николай Васильевич**, декан факультета технологии органического синтеза и полимерных материалов Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета);

доктор наук **Бабич Бранко**, преподаватель Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Карабасил Драган**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки Российской Федерации **Чешко Илья Данилович**, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательского института перспективных исследований и инновационных технологий в области безопасности жизнедеятельности;

доктор химических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации **Ловчиков Владимир Александрович**, профессор кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз;

доктор наук **Петрович Гегич Анита**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук (PhD), профессор **Агостон Рестас**, начальник Департамента противопожарной профилактики и предотвращения чрезвычайных ситуаций Института управления в чрезвычайных ситуациях (Республика Венгрия);

доктор технических наук **Мрачкова Ева**, профессор кафедры противопожарной защиты Технического университета г. Зволен (Республика Словакия);

кандидат технических наук полковник внутренней службы **Иванов Юрий Сергеевич**, первый заместитель начальника Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь).

#### **Секретарь совета:**

майор внутренней службы **Болотова Полина Александровна**, редактор редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности;

кандидат технических наук **Наташа Субич**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия).

### **Редакционная коллегия**

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

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

#### **Члены редакционной коллегии:**

кандидат педагогических наук **Кузьмина Татьяна Анатольевна**, доцент кафедры надзорной деятельности (ответственный за выпуск);

капитан внутренней службы **Ильницкий Сергей Владимирович**, старший инспектор Центра международной деятельности и информационной политики;

кандидат технических наук подполковник внутренней службы **Войтенок Олег Викторович**, начальник кафедры надзорной деятельности;

майор внутренней службы **Гайдукевич Александр Евгеньевич**, старший инженер-программист Центра информационных и коммуникационных технологий;

доктор технических наук **Петра Танович**, профессор Высшей технической школы Нови Сад (Республика Сербия);

доктор наук **Хвайоунг Ким**, доцент отдела пожарной безопасности университета Кюнбил (Республика Корея);

кандидат технических наук **Навроцкий Олег Дмитриевич**, начальник отдела Научно-исследовательского института пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций (Республика Беларусь);

доктор юридических наук, доцент полковник внутренней службы **Медведева Анна Александровна**, начальник центра международной деятельности и информационной политики;

кандидат технических наук, доцент полковник внутренней службы **Бельшина Юлия Николаевна**, начальник кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз.

#### **Секретарь коллегии:**

капитан внутренней службы **Мамедова Лилия Николаевна**, ответственный секретарь редакционного отделения редакционного отдела центра организации научно-исследовательской и редакционной деятельности.

## СОДЕРЖАНИЕ

### **ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ**

**Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Касаев Р.А.** Инструментальные методы в современной пожарно-технической экспертизе. 2. Полевые методы обнаружения остатков интенсификаторов горения (средств поджога) ..... 4

**Воронин С.В., Скрипник И.Л.** Компьютерные технологии, применяемые в судебной экспертизе ..... 10

### **ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ**

**Войтенко О.В., Войтенко А.В.** Применение модульных технических комплексов для разведки, тушения пожаров и обследования территорий населенных пунктов, граничащих с лесами ..... 14

**Ильницкий С.В., Ефремов П.В., Боян Ричи.** Использование беспилотных летательных аппаратов для осуществления руководства тушением пожаров и проведения аварийно-спасательных работ ..... 21

### **БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

**Кузьмин А.А., Романов Н.Н., Кузьмина Т.А.** Оценка токсичности продуктов горения полимерной составляющей пожарной нагрузки ..... 26

### **ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ**

**Щелакова В.А., Салманов А.Б.** Государственно-частное партнерство как фактор экономической безопасности России ..... 32

**Сведения об авторах** ..... 37

**Информационная справка** ..... 38

Полная или частичная перепечатка, воспроизведение, размножение либо иное использование материалов, опубликованных в журнале «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», без письменного разрешения редакции не допускается

**ББК Н96С+Ц.9.3.1+Х.5**

**УДК 349**

Отзывы и пожелания присылать по адресу: 196105, Санкт-Петербург, Московский пр., 149. Редакция журнала «Надзорная деятельность и судебная экспертиза в системе безопасности», тел. (812) 645-20-35. e-mail: redakziaotdel@yandex.ru. Официальный интернет-сайт научно-аналитического журнала WWW.ND.IGPS.RU

Официальный интернет-сайт Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России: WWW.IGPS.RU

**ISSN 2304-0130**

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

---

---

# ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

---

---

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ СОВРЕМЕННОЙ ПОЖАРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ

### 2. ПОЛЕВЫЕ МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ОСТАТКОВ ИНТЕНСИФИКАТОРОВ ГОРЕНИЯ (СРЕДСТВ ПОДЖОГА)<sup>1</sup>

**И.Д. Чешко, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки Российской Федерации;  
М.Ю. Принцева, кандидат технических наук;  
Р.А. Касаев.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены полевые методы обнаружения остатков интенсификаторов горения (средств поджога), которые применяются и могут применяться в пожарно-технической экспертизе. Показана возможность использования тест-систем для обнаружения остатков нефтепродуктов в почвах и воде. Описаны принципы работы и технические возможности электронного и химического газоанализаторов, а также портативного флуориметра в сочетании с технологией твердофазной экстракции. Предложено применение для обнаружения и исследования остатков горючих жидкостей современных портативных газовых хроматографов.

*Ключевые слова:* газоанализаторы, фотоионизационный детектор, индикаторные трубки, интенсификаторы горения, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости, пожарно-техническая экспертиза, объекты исследования

Как известно, при экспертном сопровождении расследования поджогов одной из основных задач является обнаружение, установление состава и природы веществ, использованных в качестве средства поджога – так называемых интенсификаторов горения (ИГ). В качестве таковых используются в основном легковоспламеняющиеся и горючие жидкости (ЛВЖ/ ГЖ).

Современная аналитическая химия предоставляет широкие возможности выбора методов обнаружения остатков горючих жидкостей – как нативных, так и испаренных и выгоревших. Проблема состоит в выборе метода, оптимального с точки зрения как эффективности, так и простоты и доступности для потенциального пользователя – эксперта СЭУ ФПС ИПЛ МЧС России.

Выбор злоумышленником горючей жидкости обычно несложен и определяется основным фактором – доступностью этой жидкости, нахождением её в нужный момент, что называется «под рукой». Анализ экспертной практики показывает, что таковыми являются, прежде всего, светлые нефтепродукты – моторные топлива (бензины, дизельное топливо), растворители для лаков и красок, нефрасы, уайт спирт, а в последнее время, так называемые, «жидкости для розжига» и некоторые другие жидкости. Учитывая это, в данной статье рассматриваются возможности современных аналитических методов в обнаружении указанных средств поджога непосредственно на месте пожара.

---

<sup>1</sup> Методы молекулярной спектроскопии опубликованы в №1 за 2018 г.

## 1. Тест-системы

Тест-системы – популярное в последнее время средство качественного и количественного экспресс-анализа [1].

Фирмой HNU Systems Inc. выпускаются тест-наборы для определения моторного топлива и масла в почве и воде. Метод основан на реакции алкилирования по Фриделю-Крафтсу входящих в их состав ароматических углеводородов. Аналогичный тест-набор выпускает фирма Remedi Aid Total Petroleum Hydrocarbon. Он предназначен для быстрого и простого полевого определения предельных углеводородов в почве. Реакция проводится в пробирке с постепенным добавлением реактивов. В результате образуется окрашенный продукт, содержание которого пропорционально количеству нефтяных углеводородов. Оптическую плотность измеряют при помощи портативного колориметра на светодиодах с питанием от аккумулятора.

Предложены иммуноферментные тест-методы определения бензола, толуола, этилбензола и ксилола в почве D TECH BTECH (E. Merch), OHMICRON RAPID Assay (Supelco, США).

К сожалению, такого рода анализы с применением «мокрой химии» вряд ли удастся реализовать в рамках пожарно-технических исследований – они достаточно длительны и требуют участия квалифицированного эксперта-химика.

## 2. Ультрафиолетовые осветители

При поиске следов нефтепродуктов многие годы использовалась их способность люминесцировать под воздействием ультрафиолетового (УФ) излучения. Ведут поиски нефтепродуктов с использованием УФ-осветителей.

Цвет люминесценции зависит от компонентного состава нефтепродукта (НП). Для предельных углеводородов (метана, этана, пропана, бутана) цвет люминесценции изменяется от зеленого до голубого. Для циклических углеводородов (бензола, толуола, ксилола и др.) – от желтого до салатного, реже фиолетового.

Чем сильнее впитывающая способность материала-носителя, тем меньше интенсивность люминесценции. Проникновение нефтепродукта в древесину позволяет обнаружить их незначительное количество лишь на спиле, сделанном в месте проникновения поперёк волокон.

На тканях наблюдение люминесценции затруднено собственной люминесценцией волокон ткани или люминесценцией нанесенных на неё красителей.

У многих веществ и составов наблюдается явление, называемое гашением люминесценции. Происходит это, например, при попадании нефтепродукта на некоторые виды тканей и резины. Пятна от НП в этом случае выглядят черными на более светлом фоне.

С трудом обнаруживаются нефтепродукты и на обугленных поверхностях. Данное обстоятельство очень существенно для метода, работающего на месте пожара [2].

Данный метод, широко используемый вплоть до 80-х гг. прошлого столетия, в настоящее время практически не применяется.

## 3. Газоанализаторы с индикаторными трубками (химические газоанализаторы)

Химические газоанализаторы работают по линейно-колористическому принципу и представляют собой ручной насос, с помощью которого определенный объем воздуха прокачивается через стеклянную индикаторную трубку. Метод заключается в определении химического состава паровоздушной смеси химических веществ с помощью индикаторных трубок по характерному изменению их окрашивания.

Индикаторные трубки представляют собой герметизированные стеклянные трубки, заполненные твердым носителем с активным реагентом. Наиболее известная фирма «Dräger» (Германия) выпускает трубки для экспрессного определения в воздухе более десятка химических веществ, в том числе диэтилового эфира, толуола.

НПО ЗАО «Крисмас+» (Санкт-Петербург) выпускает трубки для определения углеводородов нефти реакцией с КЮ<sub>3</sub>. Концентрацию определяемого вещества (или группы веществ) находят по изменению интенсивности окраски индикаторного порошка сравнением с цветными шкалами или по длине окрашенного слоя.

Диапазон определяемых концентраций у трубок «Крисмас+» для суммы углеводородов нефти 100–4000 мг/м<sup>3</sup>, керосина 100–1200 мг/м<sup>3</sup>, толуола 50–1600 мг/м<sup>3</sup>, ксилолов 25–300 мг/м<sup>3</sup> [3].

*Многоканальный химический газоанализатор*

Используется в качестве экспресс-метода для обнаружения и предварительной классификации остатков ЛВЖ и ГЖ. Санкт-Петербургским ЗАО НПФ «Сервэк» совместно со специалистами Исследовательского центра экспертизы пожаров разработан и изготовлен специальный многоканальный газоанализатор – УКАП (устройство для качественного анализа паров интенсификаторов горения) [4], состоящий из насоса сильфонного типа и многоканальной насадки, позволяющей устанавливать и прокачивать одновременно шесть трубок. В комплект входят четыре специально подобранные индикаторные трубки и трубки с сорбентом:

- трубка с маркировкой «алканы» для определения алифатических углеводородов;
- трубка с маркировкой «арены» для определения ароматических углеводородов;
- трубка с маркировкой «кетоны» для определения кетонов;
- трубка с маркировкой «спирты» для определения спиртов;
- трубки с маркировкой «сорбент» для отбора пробы газовой фазы в целях ее дальнейшего, при необходимости, лабораторного исследования.

В табл. 2 приведены возможные комбинации изменения окраски индикаторных трубок, выводы по результатам этих изменений, а также некоторые товарные продукты, которые могут вызывать подобную реакцию.

Таблица 2. Возможные комбинации изменения окраски индикаторных трубок и анализ результатов

№ п/п	Класс вещества				Анализ результатов (обнаруженная группа веществ)	Товарные продукты
	Алканы	Арены	Спирты	Кетоны		
1	+	–	–	–	Алифатические углеводороды	<i>Индивидуальные вещества</i> (пентан, гексан, гептан и др.); <i>некоторые светлые нефтепродукты</i> (керосин для технических целей по ГОСТ 18499-73, бензин для промышленно-технических целей по ГОСТ 8505-57, жидкость для розжига, масло для керосиновых ламп и др.); <i>сильно выгоревшие светлые нефтепродукты</i>
2	+	+	–	–	Смесь алифатических и ароматических углеводородов	<i>Светлые нефтепродукты</i> (керосин осветительный, автомобильные бензины, дизельные топлива, уайт-спирит, нефрасы, растворитель РС-2 и др.)
3	+	+	+	–	Смесь алифатических, ароматических углеводородов и спиртов	<i>Смесевые растворители</i> (растворитель № 651, пятновыводитель «Варис» и др.)
4	+	+	+	+	Смесь алифатических, ароматических углеводородов, спиртов и кетонов	<i>Смесевые растворители</i> (растворитель антипригарных красок и др.)
5	–	+	+	+	Смесь ароматических углеводородов, спиртов, кетонов	<i>Смесевые растворители нефтяной природы</i> (растворители № 645, 646, Р-40, Р-119Э, Р-265, Р-1166, РЛ-541, РЭ-7В, РЭ-11В, разбавитель РДВ и др.)
6	–	–	+	+	Смесь спиртов и кетонов	<i>Смесевые растворители нефтяной природы</i> (растворители Э-80, Р-198, ЛКР и др.)
7	–	–	–	+	Кетоносодержащие вещества	<i>Индивидуальные вещества</i> (ацетон, бутанон и др.); <i>растворители нефтяной природы</i> (растворители А (ацетоноэфирный), Р-251Б, Р-563, Р-1176, РЛ-277, жидкость для снятия лака и др.)

№ п/п	Класс вещества				Анализ результатов (обнаруженная группа веществ)	Товарные продукты
	Алканы	Арены	Спирты	Кетоны		
8	-	-	+	-	Спиртосодержащие вещества	<i>Индивидуальные вещества</i> (метанол, этанол, бутанол и др.); <i>парфюмерно-косметические</i> (духи, одеколоны и др.); <i>пищевые продукты</i> (настойки и др.); <i>технические жидкости</i> (незамерзающая жидкость для омывания стекол, жидкость для розжига и др.); <i>растворители нефтяной природы</i> (растворители М, № 30, РФГ, Р-60, Р-548, Р-2115, Р-3160, КР-36, ФК-1)
9	-	+	-	-	Ароматические углеводороды	<i>Индивидуальные вещества</i> (бензол, толуол, ксилол и др.); <i>растворители</i> (солювент нефтяной, Р-12, Р-197, Р-1101, Р-1101М, РЛ-298, РВЛ, РС-1, РЭС-5107, РКЧ и др.)
10	-	+	-	+	Смесь ароматических углеводородов и кетонов	<i>Смесевые растворители нефтяной природы</i> (растворители: Р-4, Р-5, Р-10, Р-11, Р-14, Р-24, Р-189, Р-219, Р-2106, РЛ-176, РП и др.)
11	-	+	+	-	Смесь ароматических углеводородов и спиртов	<i>Смесевые растворители нефтяной природы</i> (растворители: № 647, 648, 649, АМР-3 (мебельный) и др.)
12	+	-	-	+	Смесь алифатических углеводородов и кетонов	<i>Смесевые растворители</i>
13	+	-	+	-	Смесь алифатических углеводородов и спиртов	<i>Смесевые растворители</i>
14	+	+	-	+	Смесь алифатических, ароматических углеводородов и кетонов	<i>Смесевые растворители</i> (растворители: Р-119, РЛ-176М и др.)
15	+	-	+	+	Смесь алифатических углеводородов, спиртов и кетонов	<i>Смесевые растворители</i>

#### 4. Электронные газоанализаторы

Электронные газоанализаторы выпускаются с различного типа датчиками – электрохимическими, термокондуктометрическими, термохимическими, фотоионизационными, инфракрасными и др. Для целей обнаружения остатков горючих жидкостей различных типов интерес в первую очередь представляют газоанализаторы с термохимическими и фотоионизационными датчиками.

##### *Газоанализаторы с термохимическими датчиками*

Принцип действия термохимических датчиков заключается в фиксации теплового эффекта от сгорания горючих паров и газов на чувствительном элементе, покрытом веществом-катализатором (марганцево-медный катализатор, мелкодисперсная платина).

Измерение возникающей температуры осуществляется с помощью терморезистора, который в зависимости от температуры меняет свое сопротивление, тем самым изменяя проходящий ток.

Термохимические газоанализаторы типа ПГФ широко используются в России, в частности, в газовых службах для выявления утечек природного газа, подаваемого потребителям. Однако при поисках остатков ЛВЖ (ГЖ) практически не используются. Очевидно не выдержав конкуренции с газоанализаторами с фотоионизационными датчиками – более чувствительными.

##### *Газоанализаторы с фотоионизационными датчиками (ФИД)*

Газоанализатор этого типа работает за счёт измерения тока, вызванного ионизацией молекул газов и паров фотонами, излучаемыми источником вакуумного ультрафиолетового излучения.

К сожалению, по сигналу фотоионизационного детектора трудно установить, какое конкретно вещество он обнаружил, так как прибор этого типа реагируют на широкую гамму веществ с потенциалом ионизации менее 10,8 Эв.

В число газов и паров, имеющих потенциал ионизации ниже 10,8 Эв, входят органические вещества практически всех известных классов – предельные углеводороды (от бутана и выше), алифатические альдегиды и кетоны, спирты, простые эфиры, сложные эфиры, кислоты, олефины, амины, ароматические углеводороды и др. Из распространенных неорганических веществ газоанализатор с ФИД определяет только аммиак и сероводород.

Имеют потенциал ионизации более 10,8 Эв и не фиксируются датчиком лишь самые легкие представители указанных классов – метан, этан, пропан, формальдегид, метанол, муравьиная кислота и т.п., а также оксид и диоксид углерода, кислород, водород, азот, фтор, хлор, фтористый, хлористый, бромистый водороды и некоторые другие газы [5]. Из приведенного перечня следует, что практически все применяемые поджигателями ЛВЖ и ГЖ (бензин, керосин, растворители для лаков и красок и др.) могут быть обнаружены прибором с фотоионизационным детектором.

В настоящее время во многих судебно-экспертных подразделениях ФПС МЧС России имеются приборы с фотоионизационными детекторами «Колион-1В» и «АНТ-3». Они активно используются при работах на месте пожара, практически закрывая основные потребности в технике такого рода.

### **5. Полевой флуориметр и метод твердофазной экстракции**

В состав большинства интенсификаторов горения входят ароматические углеводороды. Кроме того, ароматические углеводороды входят в состав ряда растворителей для лаков и красок и некоторых других доступных поджигателю горючих жидкостей. Поэтому обнаружение ароматических углеводородов может быть использовано в качестве теста на наличие остатков ИГ.

Флуоресцентная спектроскопия (ФС) является чувствительным и эффективным методом обнаружения остатков интенсификаторов горения на месте пожара. Метод основан на способности ароматических углеводородов люминесцировать под действием света в видимом и ультрафиолетовом диапазоне [5].

Использование флуоресцентной спектроскопии для обнаружения остатков ИГ непосредственно на месте пожара ранее было невозможно в виду отсутствия переносных (полевых) приборов, позволяющих количественно оценивать интенсивность люминесценции.

Недавно Исследовательским центром экспертизы пожаров совместно с ЗАО «СОЛАР» (г. Минск) и Институтом высокомолекулярных соединений РАН (Санкт-Петербург) разработан прибор и методика обнаружения с его помощью ИГ на месте пожара компонентов горючих жидкостей – ароматических углеводородов.

Сущность метода заключается в твердофазной экстракции остатков интенсификаторов горения, содержащихся после тушения пожара на поверхности водяных луж, влажных конструкций, изделий и их обгоревших остатков, полимерным сорбентом, с последующим измерением интенсивности флуоресценции с поверхности данного сорбента с помощью портативного флуориметра [6, 7].

Портативный флуориметр (флуориметрический индикатор нефтепродуктов ИНПФ-01 ЭП) позволяет в полевых условиях (непосредственно на месте пожара) обнаруживать остатки указанных веществ, а также выполнять скрининг места пожара – исследование на предмет выявления зоны с максимальной концентрацией остатков интенсификаторов горения с целью отбора пробы для лабораторных исследований.

Для твердофазной экстракции ИГ используется специальная сорбционная пластина. Сорбция может осуществляться с поверхности влажных объектов, конструкций, предметов и из воды, скопившейся в ходе тушения пожара.

Экспериментально было установлено, что предел обнаружения ароматических углеводородов в воде в этом случае составляет  $2 \cdot 10^{-3}$  г/л (по бензину) [8].

Описанный способ обнаружения ИГ на месте пожара существенно расширяет возможности специалистов при поиске остатков горючих жидкостей – средств поджога и может быть рекомендован к внедрению в экспертную практику.

#### **6. Полевые газовые хроматографы**

Портативные газовые хроматографы со времени их появления применяют нечасто для обнаружения и исследования остатков горючих жидкостей. Так в 70-х гг. прошлого века Московским заводом «Хроматограф» выпускался переносной хроматограф ХПМ-4. Однако несовершенство этой техники не способствовало её широкому использованию. Повсеместно в экспертных организациях предпочтение отдавалось технологии работы в два этапа – отбора проб объектов-носителей остатков ЛВЖ (ГЖ) на месте пожара с последующим их исследованием в лабораторных условиях. В настоящее время технические возможности расширились, и вполне реальной стала задача одноэтапного анализа непосредственно на месте пожара.

Технические средства стали более совершенными и надёжными. Так предлагается портативный полевой газовый хроматограф FROG-4000GC (США). Прибор весом менее 3 кг использует атмосферный воздух в качестве газа-носителя, оснащен миниатюрной системой предварительного концентрирования, микрохроматографической капиллярной колонкой длиной 4 м и фотоионизационным детектором. Прибор обеспечивает обнаружение и экспресс-анализ следовых концентраций летучих органических соединений в воздухе, воде и почве при среднем времени анализа 5–7 мин.

Отечественные портативные хроматографы серии ФГХ (НПП «ЭКАН») имеют капиллярную колонку 25 м, габариты 460x350x120 мм (кейс), питание от встроенных аккумуляторов.

Приведенный выше обзор существующих методов анализа отражает довольно широкие возможности, которые пожарно-технические эксперты могут использовать при необходимости обнаружения на месте пожара остатков ЛВЖ и установления таким образом важного квалификационного признака криминального характера пожара. К сожалению, методические разработки в данном направлении (за исключением перечисленных) в последние годы практически не проводятся. Хотя потенциальные возможности для этого, безусловно, имеются.

#### **Литература**

1. Золотов Ю.А., Иванов В.М., Амелин В.Г. Химические тест – методы анализа. М.: Едитореал УРСС, 2002. 304 с.
2. Митричев В.С., Хрусталёв В.Н. Основы криминалистического исследования материалов, веществ и изделий из них. СПб.: Питер, 2003. 591 с.
3. Индикаторные трубки и газоопределители / Н.М. Петрова [и др.]. СПб.: Крисмас+, 2005. 176 с.
4. Принцева М.Ю., Чешко И.Д. Многоканальный газоанализатор с индикаторными трубками и его применение для установления природы жидкости, использованной при поджоге // Расследование пожаров: сб. ст. М.: ВНИИПО, 2007. Вып. 2. С. 170–180.
5. Чешко И.Д., Принцева М.Ю., Яценко Л.А. Обнаружение и установление состава легковоспламеняющихся и горючих жидкостей при поджогах: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2010. 90 с.
6. Клаптюк И.В., Принцева М.Ю., Чешко И.Д. Применение твердофазной и ультразвуковой экстракции в экспертных исследованиях по делам о поджогах: метод. пособие. М.: ВНИИПО, 2013. 50 с.
7. Способ обнаружения на месте пожара остатков ароматических углеводородов, входящих в состав интенсификаторов горения: пат. № 2497102 Рос. Федер. / И.Д. Чешко [и др.]. 2013. Бюл. № 30.
8. Клаптюк И.В., Чешко И.Д. Обнаружение следов светлых нефтепродуктов на месте пожара при поджогах // Науч.-аналит. журн. «Вестник С.-Петербур. ун-та ГПС МЧС России». 2012. № 3. С. 38–43.

# КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ

**С.В. Воронин, кандидат технических наук, доцент;  
И.Л. Скрипник, кандидат технических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассмотрены вопросы использования компьютерных технологий при проведении судебных экспертиз. Приводится их цель, назначение, характеристика, объекты исследования, области применения, возможные результаты.

*Ключевые слова:* экспертиза, судебная деятельность, метод, компьютерная технология, программное обеспечение

Методы судебной экспертной деятельности базируются на научных подходах, зависящих от свойств объекта исследования и основывающихся на опыте решения экспертных задач [1].

Возникновение и дальнейшее развитие новых научных направлений и видов экспертной деятельности является естественным процессом в период развития научно-технического прогресса. В случае появления нового объекта применяются уже известные экспертизы. Когда исследуется освоенный объект, на основе новых знаний появляется возможность проводить экспертизу с целью приобретения и получения новых данных [2].

В настоящее время разрабатывается новый вид судебной экспертизы с применением компьютерных технологий [3]:

- аппаратно-компьютерная экспертиза (АКЭ);
- программно-компьютерная экспертиза (ПКЭ);
- информационно-компьютерная экспертиза (ИКЭ);
- компьютерно-сетевая экспертиза (КСЭ).

АКЭ – это одна из разновидностей судебной компьютерно-технической экспертизы. Она заключается в проведении анализа технических или, как их еще называют, аппаратных средств компьютерных систем. Предметом этой экспертизы является установление факта или обстоятельства, связанного с эксплуатацией технических средств.

Основной проблемой назначения данного вида компьютерно-технической экспертизы является отнесение исследуемого объекта к аппаратным средствам. Согласно принятой классификации объектов, подлежащих проведению компьютерно-технической экспертизы, к классу аппаратных объектов относятся следующие виды устройств:

- ноутбуки (настольные компьютерные средства);
- аппаратные средства, служащие для организации работы в сети;
- оконечные средства: клавиатура, мышь, манипуляторы, аудиосистемы, накопители информации и др.;
- встроенные аппаратные системы на базе микропроцессорных контроллеров;
- интегрированные системы: мобильные телефоны, пейджеры и др.;
- любые детали конструкции перечисленных аппаратных средств, комплектующие и пр.

Необходимость в проведении АКЭ возникает при урегулировании самых разнообразных споров по гражданским делам. Исследование позволяет установить причины поломки или некорректной работы аппаратного устройства, наличие производственного брака, выявить свидетельства недобросовестного хранения и перевозки аппаратуры, а также использования устройств не по назначению или в условиях, противоречащих требованиям, указанным в сопроводительной документации. К АКЭ также относятся мероприятия, проводимые экспертами для извлечения информации из сломанных носителей, отказавших в результате поломки, аварии или стихийного бедствия.

Данный вид исследований позволяет установить работоспособность прибора, имеющиеся неисправности и их влияние на общую пригодность его к работе.

ПКЭ – также разновидность судебной компьютерно-технической экспертизы. С развитием компьютерной техники возникло новое направление совершаемых правонарушений, которые получили название преступлений в сфере компьютерной информации. В подобных преступлениях для достижения цели используются средства компьютерной техники и программного обеспечения.

Основной целью данной экспертизы является установление причастности исследуемого программного комплекса к расследуемому преступному деянию. Также в результате анализа могут быть обнаружены следы совершенных противоправных действий. Предметом исследования экспертизы являются особенности разработки и применения программных средств компьютерной системы. Анализ может проводиться по гражданским и уголовным делам.

Объектами ПКЭ являются следующие компоненты:

- операционные системы (системное программное обеспечение);
- утилиты (вспомогательные программы);
- программные средства для разработки программного обеспечения, его отладки;
- прикладные программы, предназначенные для выполнения определенных функций – текстовые редакторы, электронные таблицы; работы с двухмерной и трехмерной графикой; создания презентаций; почтовые программы, чертежные редакторы и многие другие.

Поводом для назначения данной экспертизы может быть обоснованное подозрение на некорректную работу программного обеспечения, несовместимость двух и более программ, находящихся в общей цепи выполнения каких-либо операций и т.д.

ПКЭ широко применяется при расследовании уголовных дел, однако постепенно возрастает потребность в подобной исследовании и в других видах судопроизводства, что вызвано обширной компьютеризацией всех областей жизни. В настоящее время возникает множество гражданских дел, в том числе решаемых в арбитражных судах. Также большое количество дел связано с защитой прав потребителей, нарушением авторских прав при распространении контрафактной продукции. Она решает широкий спектр задач, связанных со специфическими особенностями программного обеспечения, его разработки, внедрения, применения и т.д. Большое разнообразие задач, решаемых с помощью данного исследования, обусловлено тем, что компьютерные системы с соответствующим программным обеспечением применяются практически во всех областях деятельности человека.

Основными ее задачами являются:

- установление общих характеристик исследуемого программного обеспечения, анализ его компонентного состава;
- классификация отдельных системных или прикладных программных средств, входящих в представленное для проведения экспертизы программное обеспечение;
- определение контрафактности (или наличия таковых признаков) программного обеспечения в целом или его компонентов;
- установление специфических характеристик исследуемого программного обеспечения: вид программного обеспечения, наименование, версия, разработчик и т.д.;
- определение данных разработчика исследуемого программного изделия. Для юридических лиц устанавливаются реквизиты организации. Для физических лиц – данные, удостоверяющие личность.

Методы исследования программного обеспечения, применяемые в ходе программно-компьютерной экспертизы, принято классифицировать, исходя из типа исследуемого объекта. Различают следующие группы методов: анализа исходных кодов, исследования программных алгоритмов, изучения исполняемых кодов (загрузочных модулей).

Экспертиза загрузочных модулей базируется на исследовании программных средств с помощью основных методов, отслеживающих все прерывания, которые вызываются данной программой. Метод, используемый экспертом, должен точно соответствовать типу

решаемой им задачи. Соответственно, для получения достоверного результата исследования, необходимо выбирать эксперта, обладающего высоким уровнем профессиональной компетенции и большим опытом проведения исследований.

При проведении анализа вредоносных программ (вирусов, червей и пр.) применяются различные методы мониторинга – анализ файловых сигнатур (мониторинга дисковой памяти), сверка контрольных сумм (мониторинга оперативной памяти).

Предметом анализа ИКЭ являются цифровые данные – информация, содержащаяся в компьютерной системе. Она по праву считается ключевым исследованием в данной группе, так как дает возможность подытожить следственные мероприятия, окончательно отвечает на большинство вопросов, связанных с цифровыми данными. В процессе ее осуществления специалист ставит перед собой цели поиска, сбора, исследования и экспертной оценки обнаруженной информации, которая была собрана и сохранена пользователем или порождена действиями специального программного обеспечения для сопровождения рабочих процессов в исследуемой компьютерной системе.

Изучение информационного содержимого дает весьма разнообразные результаты, так как исследует совершенно разные данные. Анализ информации позволяет выявить следы работы программ и приложений, определить транзакции, совершенные посредством информационных сетей, а также отследить деятельность и намерения пользователя компьютера на основании сохраненных (или даже удаленных) им файлов в персональном компьютере.

Для оценки содержания обнаруженной информации и ее квалификации могут быть привлечены соответствующие специалисты – лингвисты, культурологи, психологи и т.д. Например, на исследуемом носителе могут содержаться данные, которые можно рассматривать как порнографические, разжигающие межнациональную рознь, содержащие высказывания, унижающие чьи-либо честь и достоинство и пр.

Тем не менее, работа с информацией требует глубоких познаний в сфере информационных технологий и способов компьютерного хранения данных, так как содержимое накопителей информации необходимо сначала обнаружить и извлечь, перевести в формат, доступный для восприятия специалистов. Опыт сотрудника организации, проводящей ИКЭ, его уровень профессиональной компетенции играет важнейшую роль в получении исчерпывающего и достоверного исследования и достижении целей, которые преследует инициатор проведения анализа.

Данная экспертиза предназначена для исследования весьма широкого круга проблем и основывается на разнообразии изучаемых данных. Кроме того, эксперт выполняет большой объем мероприятий, связанных с получением и обработкой информации, а не только с анализом извлеченных данных. Экспертиза способна решать следующие задачи, состоящие в определении:

- способа форматирования носителя информации и записи данных на него;
- специфических характеристик физического размещения информации на исследуемом накопителе данных;
- показателей логического размещения информации;
- основной атрибутики данных компьютерной системы: размеры файлов, общий объем данных, имена и типы файлов, даты их создания и изменения, прочие характеристики;
- вида информации: архив, удаленная, скрытая или явная информация.

ИКЭ представляет собой довольно сложный вид исследования, так как собственно анализ информации претворяется кропотливой и, зачастую, продолжительной работой по извлечению данных из имеющихся носителей. Подобная экспертиза может быть проведена по постановлению следствия, судебных органов, инициативе физического или юридического лица. Данная экспертиза проводится в государственных экспертных бюро и негосударственных экспертных центрах.

Для того чтобы инициировать ее проведение, необходимо заключить договор с экспертным центром на оказание услуги по осуществлению исследования. Договор заключается после

предварительной консультации, в течение которой определяется разновидность требуемого исследования, объем предстоящей работы, цели экспертизы, поставленные перед экспертом, сроки проведения и стоимость. Все эти данные в обязательном порядке вносятся в договор, подписываемый перед началом работы эксперта.

По окончании работы специалист формулирует экспертное заключение. Оно представляет собой результат проделанной исследователем работы, основной смысл проведения анализа. Экспертное заключение обладает доказательной силой и может быть предъявлено в ходе судебного заседания в качестве аргумента одной из сторон. Оно содержит описание всех произведенных экспертом действий, представленных на анализ материалов (при необходимости – с фотографиями объектов), копии изученных документов. Кроме этого, в заключение вносятся выводы эксперта и ответы на поставленные перед ним в начале исследования вопросы.

КСЭ базируется на проверке физического и функционального состояния компьютерных средств, которыми обеспечены информационно-сетевые технологии. Это очень молодой и в то же время особый вид экспертизы. Лишь тот эксперт, который обладает глубокими знаниями в области сетевых и информационных технологий, может выполнить задачу по обследованию корпоративных сетей, которые чаще всего используются на предприятиях.

Она проводится для решения следующих задач:

- выявления параметров и свойств компьютера с используемым программным обеспечением;
- определения свойств и характеристик сетевого ресурса, установления её архитектуры;
- открытия доступа к тем или иным данным, в случае его закрытия;
- установления начального состояния сети, её компонентов, выявления времени добавления или удаления сетевых устройств;
- анализа общего состояния сетевого ресурса и возможности сети на основе сбора информации о ней.

Эта экспертиза проводится с целью оценки возможности внедрения посторонних объектов в государственную, коммерческую систему предприятий и учреждений (были ли попытки несанкционированного подключения, влияния на разработанные алгоритмы и модели работы).

Рассмотренные виды компьютерных экспертиз в основном проводятся комплексно, потому что необходимы знания из различных предметных областей. Данные компьютерные технологии, применяемые в судебной экспертизе, помогут на более высоком, качественном уровне проводить необходимые в данном направлении работы с учетом последних достижений науки и техники.

### **Литература**

1. Скрипник И.Л., Воронин С.В., Каверзнева Т.Т. Особенности модификации процедур морфологического анализа технических систем // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 1 (45). С. 112–121.
2. Бардулин Е.Н., Скрипник И.Л., Воронин С.В. Подходы к созданию современных приборов приемно-контрольных пожарных // Проблемы управления рисками в техносфере. 2018. № 2 (46). С. 105–110.
3. Кузьмина Т.А., Петрова Н.В., Скودтаев С.В. Технологии педагогического дизайна как инструмент учебного интерактива // Психолого-педагогические проблемы безопасности человека и общества. № 4 (37). 2017. С. 42–46.

---

---

# ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ И ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

---

---

## ПРИМЕНЕНИЕ МОДУЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РАЗВЕДКИ, ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ И ОБСЛЕДОВАНИЯ ТЕРРИТОРИЙ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ, ГРАНИЧАЩИХ С ЛЕСАМИ

**О.В. Войтенко, кандидат технических наук.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России.  
А.В. Войтенко. GM-City. Москва**

Рассмотрены возможности применения модульных технических комплексов при проведении разведки, тушении пожаров и проведении обследований населенных пунктов, граничащих с лесами.

*Ключевые слова:* модульный технический комплекс, разведка, пожар, пожарная безопасность

На территории Российской Федерации лесные и торфяные пожары представляют собой распространенное бедствие для населения, экономики и природной среды. Большую угрозу лесные пожары представляют для населенных пунктов, граничащих с лесами.

Своевременное обнаружение пожара зачастую играет решающую роль. Получение информации о характере горения, площади, направлении распространения пожара позволяет своевременно принять решение о привлечении необходимых сил и средств для его локализации и ликвидации.

Зачастую на территории небольших населенных пунктов, граничащих с лесами, нет постоянно дислоцируемых подразделений пожарной охраны.

На территории Тверской области достаточно много болот и труднодоступных мест. Самые большие болота находятся на северо-востоке области. Эта местность называется Оршинский Мох.

На территории Кимрского района Тверской области находится болото «Чистый мох», пожары, возникающие с периодичностью раз в 2–3 года на этом болоте, представляют угрозу соседним деревням. В 2011 г. от сильной засухи загорелись бывшие торфоразработки близ деревни Юрино. Ситуация была весьма напряженной.

Большие силы были направлены на тушение пожара, были организованы группы из лесников, сотрудников администраций и местных жителей. 7 августа огонь подошел к деревне Труфаново на расстояние 200 м. Деревенька небольшая, круглый год здесь живет лишь пять человек, остальные – дачники. На момент пожара в Труфаново находились 18 человек, трое мужчин, остальные лица пожилого возраста и дети. Как рассказывают очевидцы, несмотря на сильный пожар, деревню удалось отстоять, ни один дом и даже забор не пострадали.

Для тушения пожара был задействован вертолет, которому четыре раза приходилось летать за водой и возвращаться на тушение. Огнем было охвачено порядка 30 га лесного массива.

В последние годы при тушении торфяных пожаров в Кимрском районе достаточно широко применялась специальная техника в первую очередь для обеспечения подвоза воды.

Сложности тушения лесных и торфяных пожаров в труднодоступных районах обуславливают необходимость своевременного обнаружения пожара для обеспечения возможности его скорейшей локализации и ликвидации. Большое значение имеет также

деятельность, осуществляемая надзорными органами МЧС России, – проведение проверок органов местного самоуправления и профилактическая работа.

Создание подразделений пожарной охраны на территории небольших поселений экономически нецелесообразно. Одним из решений проблем обеспечения пожарной безопасности является создание добровольных пожарных подразделений. Пожарная техника для обеспечения добровольных пожарных команд стоит достаточно дорого. Применение легких технических комплексов на базе квадроциклов позволяет скомпоновать технический комплекс под конкретные задачи.

Технический комплекс позволит своевременно обеспечить обнаружение лесного или торфяного пожара.

Целевое назначение модульных технических комплексов:

- возможность оперативно менять компоновку технического средства;
- возможность расширения технического обеспечения;
- увеличение тактических возможностей технического комплекса;
- возможность удаленного мониторинга и разведки пожаров.

Модульные технические комплексы могут использоваться:

- федеральными органами исполнительной власти (подразделения МЧС России, подразделения Рослесхоза и др.);
- подразделениями добровольной пожарной охраны;
- органами местного самоуправления;
- организациями, использующими территории, граничащие с лесами и болотами;
- организациями, осуществляющими деятельность по добыче торфа.

В качестве базы технического комплекса предлагается применить квадроцикл. Во-первых, использование в качестве базы квадроцикл снижает стоимость комплекса, при этом на достаточном уровне обеспечивает проходимость.

Проведен анализ стоимости квадроциклов, реализуемых в Российской Федерации. При анализе рассматривались квадроциклы с объемом двигателя не менее 500 см<sup>3</sup>.

В качестве базы можно рассматривать StelsATV-600 стоимостью 342 тыс. руб, который собирается в России [1].

Для увеличения проходимости и грузоподъемности технического комплекса предлагается осуществить изменение колесной базы с 4x4 на 6x6.

Данное решение предлагается реализовать не в стационарном виде, а в качестве модуля, монтируемого в случае необходимости увеличения грузоподъемности (рис. 1).



Рис. 1. Модуль увеличения грузоподъемности и проходимости

Потребуется переделка заднего моста для обеспечения возможности подключения дополнительного моста. Все соединения будут разъемные, и монтаж данного модуля может быть осуществлен в течение короткого времени (рис. 2).

Варианты компоновки отдельными модулями представлены ниже.



Рис. 2. StelsATV-600 с модулем повышения проходимости и грузоподъемности

### Универсальный пожарный модуль УПМ-300

УПМ-300 используется для проверки и осуществления необходимых противопожарных мероприятий, связанных с возгоранием в лесах, в сельских населенных пунктах, на промышленных объектах. Пожарный модуль УПМ-300 встраивается в любой вид транспорта или на легковой прицеп, осуществляет тушение пламени, используя воду из своей ёмкости или из водоёма (рис. 3).



Рис. 3. Универсальный пожарный модуль УПМ-300

Для экономии воды используется установка с высоким давлением, которая при устранении пожара наиболее эффективна в условиях плохой доступности жидкости. Объем бака – 300 л, что хватает более чем на полчаса бесперебойной работы (рис. 4).



**Рис. 4. Варианты компоновки технического комплекса модулем УПМ-300 с дополнительной емкостью для воды**

### **Модуль плавучести**

Надувные поплавки позволяют передвигаться на воде за счет вращения колес. Очень удобный, комфортный, а главное, быстрый способ переправы через водоем на квадроцикле (рис. 5).



**Рис. 5. Надувные поплавки-баллоны**

Модель поплавок для квадроцикла изготовлена из утолщённой поливинилхлоридной ткани (ПВХ) с шестью точечными креплениями. Принципиально, вместо клея используется сварка ПВХ для высокой надёжности и прочности швов. Крепление полуколец изготовлено из прочного пластика.

Снятие/установка всего комплекта занимает не более 10–15 мин, они подходят для любой модели квадроцикла. Накачка может быть осуществлена за счет использования выхлопных газов.

В последние годы большое развитие получила беспилотная авиация. Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) обеспечивает возможность обнаружения пожаров в труднодоступных местах (рис. 6).

БПЛА должен быть построен на базе мультикоптера с четырьмя двигателями с рамой типоразмера F450 и расположением моторов QUAD X.

В качестве модуля технического комплекса предлагается использовать комплект легкого БПЛА на базе квадрокоптера. Существующие зарубежные аппараты дорогостоящие, ниже представлены предложения по сборке БПЛА из доступных комплектующих.

В качестве основы применена X-образная схема на основе готовой рамы. Рама сборная, основа – текстолит, лучи – пластик. Разлет лучей составляет – 500 мм. Данная рама по размерам является оптимальной с точки зрения отношения массы и грузоподъемности аппарата.

В качестве полетного контроллера предлагается аппарат ArduPilotMega (APM) 2.6. Данный контроллер позволяет обеспечить реализацию различных режимов полета. Программное обеспечение MissionPlanner может быть использовано для построения его маршрутов патрулирования.



Рис. 6. Общий вид БПЛА

### **Компоновка модуля и расположение на техническом комплексе**

Упаковка модуля осуществляется в специальный противоударный бокс, который обеспечивает сохранность оборудования при транспортировке и позволяет организовать быстрое развертывание комплекса по прибытии на место старта.

Возможность применения и использования модульных технических комплексов обусловлено их универсальностью, возможностью комплектования под конкретные задачи, относительно небольшой стоимостью, компактностью и удобством размещения.

При использовании добровольными пожарными командами комплекс может быть размещен в любом боксе площадью не менее 18 м<sup>2</sup>, в котором в зимний период времени рекомендуется поддерживать положительную температуру для обеспечения его надежной работы.

В рамках проведения разведки или обследования территорий муниципальных образований и прилегающих территорий предлагается программное обеспечение Mission Planner [2], которое позволяет определять миссии, используемые для создания карт. В таких полетных заданиях коптер движется вперед и назад, как газонокосилка, фотографируя заданную территорию.

В качестве примера рассмотрим возможность разработки полетного задания для проведения разведки торфяных пожаров на болотах, находящихся рядом с деревней Юрино Кимрского района.

Деревня Юрино, окруженная лесами и болотами, находится в Кимрском районе Тверской области. Водоснабжение обеспечивается несколькими прудами искусственного происхождения, необорудованными подъездами для пожарной техники. Ближайший оборудованный водоем находится в деревне Теплиново примерно в 3 км.

С запада и северо-востока существует угроза лесных пожаров, с севера – торфяных (рис.7).

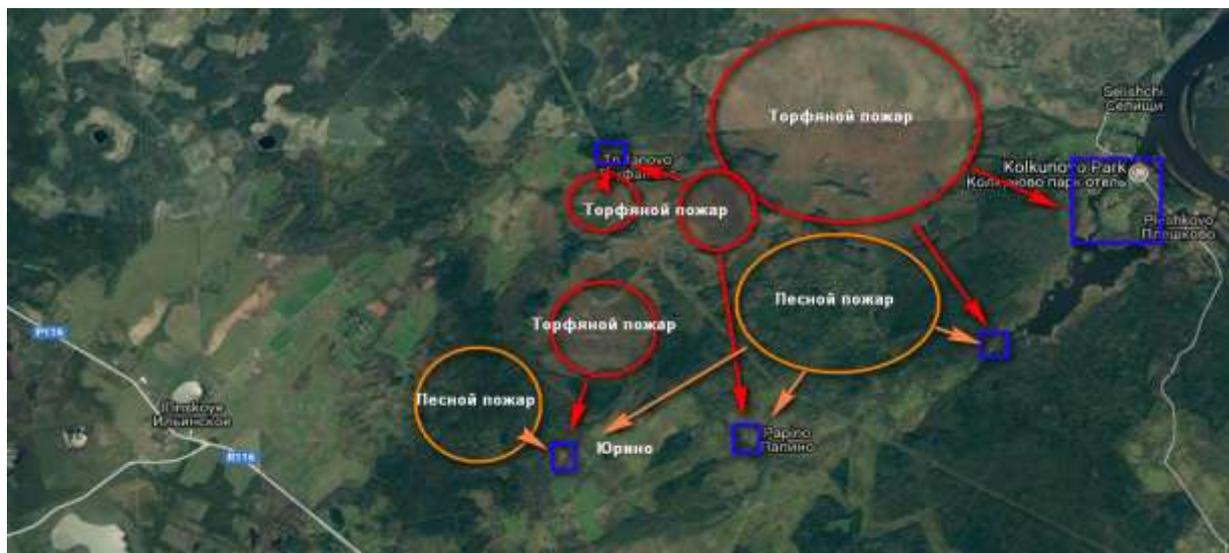


Рис. 7. Анализ возможных угроз лесных и торфяных пожаров д. Юрино

На севере расположены старые торфоразработки, которые в случае пожара представляют реальную угрозу населенному пункту.

С помощью MissionPlanner создано полетное задание для мониторинга и сбора информации на торфоразработках. Высота полета коптера – 50 м, для создания панорамной съемки высота увеличивается до 150–200 м (рис. 8–11).



Рис. 8. Создание плана миссии по обследованию района старых торфоразработок близ деревни Юрино Кимрского района

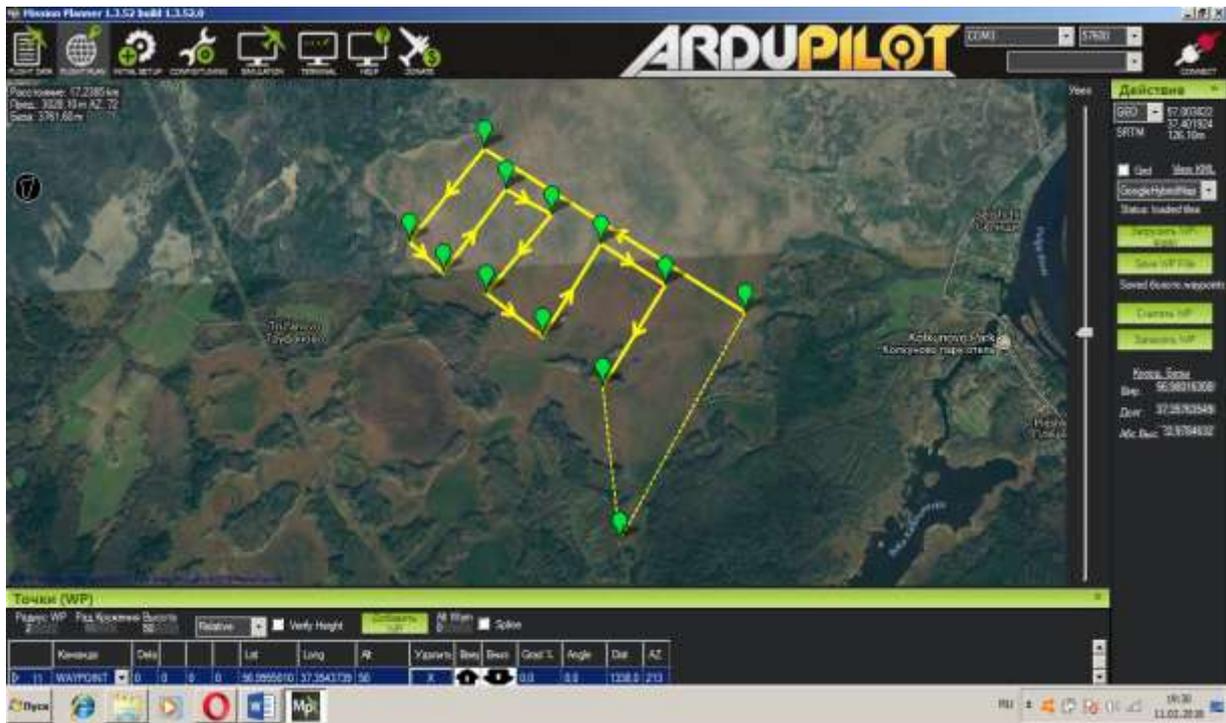


Рис. 9. Создание плана миссии по обследованию болота «Чистый мох» близ деревни Юрино Кимрского района (1 этап обследования)

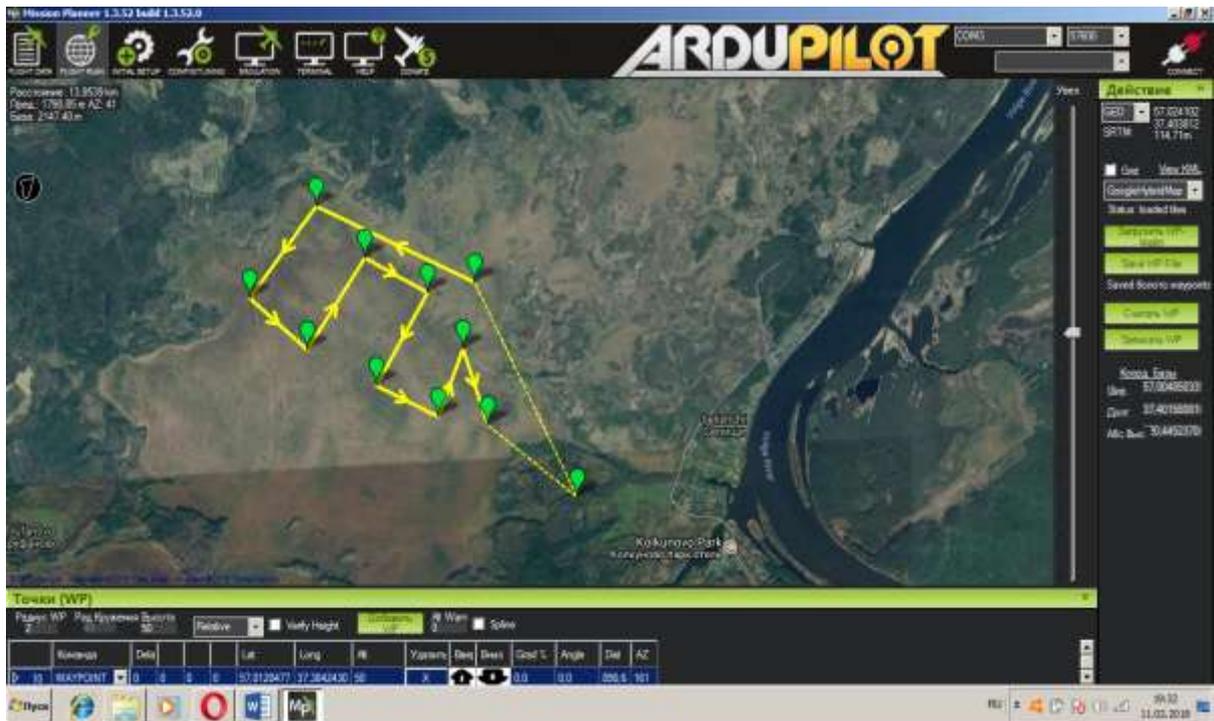


Рис. 10. Создание плана миссии по обследованию болота «Чистый мох» близ деревни Юрино Кимрского района (2 этап обследования)

В связи с ограниченным ресурсом аккумуляторной батареи и с необходимостью обеспечения максимально доступного подъезда к болоту обследование проводится в несколько этапов.

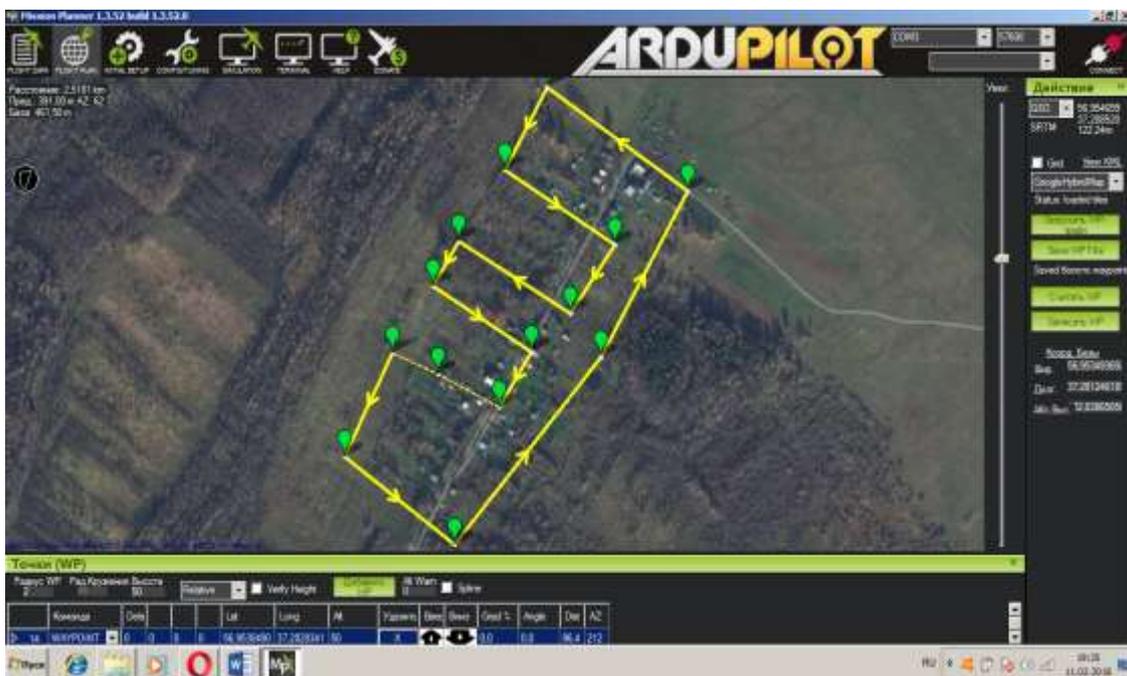


Рис. 11. Мониторинг пожарной безопасности в деревне Юрино Кимрского района

Применение модульных технических комплексов при закупке пожарной техники позволяет обеспечить не только экономию средств, но и эффективно осуществлять деятельность по разведке и тушению пожаров в населенных пунктах и прилегающих территориях. Данные комплексы также могут использоваться для проведения обследований территорий.

#### Литература

1. Руководство по эксплуатации Stells 600 ATV. URL: [https://manualbase.ru/files/48130\\_stels-atv-600gt.html](https://manualbase.ru/files/48130_stels-atv-600gt.html) (дата обращения: 23.12.2018).
2. Инструкция по эксплуатации Mission Planner. URL: [http://multicopterwiki.ru/index.php/Mission\\_Planner](http://multicopterwiki.ru/index.php/Mission_Planner) (дата обращения: 23.12.2018).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ РУКОВОДСТВА ТУШЕНИЕМ ПОЖАРОВ И ПРОВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

**С.В. Ильницкий;**

**П.В. Ефремов.**

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

**Боян Ричи. Сектор по ЧС МВД Республики Сербия**

Рассмотрен международный опыт использования беспилотных летательных аппаратов для осуществления руководства тушением пожаров и проведения аварийно-спасательных работ. Более детально рассмотрены аспекты, связанные с принятием управленческих решений на основе полученных данных в результате применения беспилотных летательных аппаратов в зоне чрезвычайной ситуации.

*Ключевые слова:* пожар, чрезвычайная ситуация, беспилотный летательный аппарат, управленческое решение

В современном мире практически во всех сферах общественной жизни характерно использование новых технических разработок, которые могут упрощать деятельность различных служб и ведомств, в том числе и экстренных служб. Говоря об экстренных службах, конечно же, стоит уточнить, что акцент делается на пожарно-спасательные подразделения. Пожарные и спасатели во всех странах, независимо от их технического оснащения, стараются принимать на вооружение новые технические разработки, которые эффективно помогают бороться с пожарами и ликвидировать последствия чрезвычайных ситуаций (ЧС) [1]. Одно из таких современных направлений внедрения новых технологий и разработок – это использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в зоне ЧС личным составом пожарно-спасательных подразделений.

При этом нельзя отметить какую-то конкретную страну, которая могла бы выделиться своим особенным опытом в этом вопросе. На данный момент все страны на всех континентах, где развиты чрезвычайные службы и ведомства, стараются обновлять свой парк беспилотной авиации, закупая новые летательные аппараты, которые применяются непосредственно в зоне ЧС. Можно особенно выделить все страны Евросоюза, Соединенные штаты Америки, Канаду, Израиль, Китай и ряд стран Ближнего Востока, к которым можно отнести Объединенные Арабские Эмираты, где БПЛА применяются наиболее активно. Из стран Евросоюза выделяются Германия, Франция, Швейцария, Швеция и Финляндия, так как пожарные и спасатели именно этих государств наиболее эффективно применяют БПЛА и активно делятся своим опытом с иностранными партнерами по всему миру [2]. Не следует также исключать из списка и пожарно-спасательные подразделения Российской Федерации, а именно силы и средства МЧС России. Именно в МЧС России на вооружении находятся девяносто процентов всех БПЛА, применяемых при ЧС.

Исходя из международного и российского опыта применения БПЛА, можно выделить основные виды ЧС природного и техногенного характера, при которых эффективно их использование:

- лесные пожары;
- стихийные бедствия;
- пожары на крупных производственных объектах;
- крупные дорожно-транспортные аварии;
- пожары и аварии в труднодоступных и удаленных районах.

Как правило, БПЛА применяются с целью выполнения разведывательных работ, сбора информации и передачи ее руководящему составу, отвечающему за проведение работ по тушению пожаров или аварийно-спасательных операций. Это важное обстоятельство, так как следует понимать, что на данном этапе технического прогресса все БПЛА пока не могут самостоятельно тушить пожары или проводить какие-либо виды аварийно-спасательных работ, хотя исследования и разработки в данном направлении постоянно активно ведутся. Возможно, что в ближайшем будущем будут более многофункциональные аппараты по спектру выполняемых задач, но пока широко распространены только аппараты, выполняющие сбор и передачу информации руководящему составу.

Существует международное определение, применяемое ко всем БПЛА, независимо от страны, где оно используется. БПЛА – это летательный аппарат, управляемый в полете автоматически, оператором с пункта управления или сочетанием указанных способов. БПЛА классифицируют по следующим техническим признакам:

1. По типу управления:
  - управляемые автоматически;
  - управляемые оператором с пункта управления;
  - гибридные;
2. По максимальной взлётной массе:
  - Воздушный кодекс Российской Федерации требует регистрации БПЛА массой выше 30 кг;

– Федеральное управление гражданской авиации США требует регистрации БПЛА массой более 0,55 фунта (250 г), а также устанавливает специальный порядок получения разрешений на использование БПЛА массой более 55 фунтов (25 кг).

3. По назначению:

– разведывательные;

– ударные (способные вести огонь по противнику самостоятельно).

По назначению ударные применяются только вооруженными силами различных стран, в зонах ЧС применяются только разведывательные, стоящие на вооружение пожарно-спасательных подразделений. Можно также выделить две большие группы БПЛА:

– военные;

– гражданские (к ним можно отнести все аппараты, стоящие на вооружение пожарно-спасательных подразделений).

Наряду с США, Китаем и Канадой, Израиль является лидером технологических разработок в области БПЛА и одним из крупнейших их производителей. В период с 1985 по 2018 г. 60,7 % всех экспортированных беспилотных самолетов в мире были произведены в Израиле. На втором месте – США, поставившие 23,9 % всех беспилотников, экспортированных за этот период. На третьем месте – Канада (6,4 %). Крупными производителями беспилотных летательных аппаратов в Израиле являются «Israel Aerospace Industries», «Elbit Systems» и «Rafael». Продукция компаний вышеназванных стран стала основой для внедрения БПЛА и их последующее использование в экстренных службах по всему миру.

Для того чтобы принимать наиболее правильные и эффективные управленческие решения в ходе тушения крупных пожаров или ликвидации аварий и ЧС, необходимо иметь четкую картину того, что произошло в зоне ЧС и какие угрозы сохраняются. Именно для этого необходимо владеть полной информацией о складывающейся обстановке в зоне ЧС.

При осуществлении руководства в зоне ликвидации ЧС природного или техногенного характера, а также тушения крупного пожара руководствуются принципами выбора направления тушения пожара или ликвидации ЧС:

1. Если есть угроза жизни и здоровью людей, то все силы и средства направляются на спасение людей.

2. Если есть угроза возникновения взрыва, обрушения конструкций или возникновения какой-либо аварийной ситуации, химического, биологического или радиоактивного излучения, силы и средства необходимо направить на предотвращение возможной опасной ситуации.

3. Если есть угроза распространения пожара на соседние помещения охваченного огнем объекта, силы и средства направляются на предотвращение распространения огня.

4. Если есть угроза распространения пожара на расположенные рядом здания и сооружения к охваченному огнем объекту, силы и средства направляются на предотвращение распространения огня.

5. В случаях, когда описанные ситуации не происходят, силы и средства направляются на тушение очагов пожара в местах наиболее интенсивного горения или на проведение первоочередных аварийно-спасательных работ.

В зависимости от нормативно-правовых документов чрезвычайных служб и ведомств различных стран, вышеупомянутые принципы могут трактоваться по-разному, но суть принятия эффективного управленческого решения, на основе которого осуществляется руководство в зоне ЧС, едина для всех стран.

При тушении крупных пожаров или ликвидации ЧС создается штаб, в котором находятся старшие должностные лица, осуществляющие общее управление работой всеми подразделениями и общий контроль. Если возникает необходимость принять какое-то решение, связанное с организацией работы боевых подразделений, но для полного понимания происходящего не хватает, так называемой, «картины сверху», то может быть принято решение использовать БПЛА с целью сбора информации. Как правило, пункт управления размещается либо в самом штабе непосредственно, либо не на очень большой

удаленности от него, чтобы руководитель имел возможность получить информацию одним из первых.



**Рис. 1. Пульт управления БПЛА вблизи условного штаба ликвидации ЧС**

На всех БПЛА, которые стоят на вооружении пожарно-спасательных подразделений, установлены видеокамеры различного разрешения и передатчики, позволяющие передавать данные с камеры в пункт управления. На некоторых аппаратах устанавливаются устройства для наблюдения за распределением температуры исследуемой поверхности (тепловизоры), которые позволяют находить скрытые очаги пожаров сверху или проводить оценку зон наиболее интенсивного горения. Получая информацию о динамике развития пожара, его направлении и интенсивности, руководитель может принять более эффективное управленческое решение по организации работы пожарно-спасательных подразделений. БПЛА можно использовать для оценки ситуации в случаях химической, биологической или радиационной авариях, а на основе полученных данных составлять возможный прогноз возникновения отрицательных последствий.



**Рис. 2. Подготовка к работе БПЛА для разведки лесного пожара**

На данный момент эффективность применения БПЛА для выполнения задач чрезвычайных служб и ведомств уже доказана, и никто не задается вопросом, нужно ли внедрять такой опыт или нет. Во всех странах пожарные и спасатели стараются находить

более эффективные способы получения данных из зоны ЧС, и стоит признать, что на данный момент применение БПЛА – это наиболее практичный и результативный способ.

### **Литература**

1. Об утверждении Федеральных правил использования воздушного пространства Российской Федерации: постановление Правительства Рос. Федерации от 11 марта 2010 г. № 138. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

2. Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development And Deployment. John Wiley and Sons, 2010. 365 с.



---

---

# БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

---

---

## ОЦЕНКА ТОКСИЧНОСТИ ПРОДУКТОВ ГОРЕНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКИ

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

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

**Т.А. Кузьмина, кандидат педагогических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Исследованы факторы, влияющие на величину токсичности продуктов горения полимерной составляющей. Проанализирован механизм воздействия токсичных продуктов горения на организм человека. Произведена оценка влияния антипиренов на токсичность продуктов горения пожарной нагрузки. Проанализированы физико-химические методы и основные определяемые компоненты продуктов горения полимеров. Представлен состав продуктов пиролиза поливинилхлорида и полистирола.

*Ключевые слова:* токсичность продуктов горения, горение полимерных материалов, пиролиз, антипирены, газовая хроматография, фотоэлектроколориметрия

Характер опасностей для персонала и личного состава пожарных частей в условиях пожара определяется действием нескольких главных факторов: воздействием высокой температуры на человеческий организм, задымлением пространства и присутствием токсичной составляющей в продуктах горения. Эти обстоятельства остаются главными причинами гибели человека на пожаре с незапамятных времен и до настоящих дней. При этом наблюдаются определенные тенденции: если раньше основным поражающим фактором были ожоги, от которых гибло более 60 % пострадавших на пожаре, то теперь их удельный вес уменьшился до 20–15 %, в то время как число отравлений токсичными компонентами продуктов горения достигает в отдельных случаях 70–80 % от суммарного количества погибших. Большинство исследователей это объясняется широким использованием во всех отраслях производства, строительстве и быту различных полимерных материалов [1].

На пожаре в современном здании, спроектированном на основе применения полимерных и синтетических теплоизоляционных и отделочных материалов, происходит воздействие на людей токсичных компонентов, содержащихся в продуктах горения. В которых может содержаться до 50–100 различных видов химических соединений. Так в процессе горения линолеумного покрытия происходит выделение сероводорода и сернистого газа, при горении мягкой мебели, в которой предусмотрено использование пенополиуретана, наблюдается выделение цианида водорода и оксида углерода, а в процессе горения нейлоновых тканей выделяется цианид водорода. Однако главной причиной смерти людей на пожаре остается отравление угарным газом (оксидом углерода –  $CO$ ), которое может достигать 18–25 % от общего числа инцидентов с интоксикацией, обуславливающей смертельный исход [2].

Процесс горения полимерных материалов относится к сложным физико-химическим процессам, он включает в себя деструкцию, сшивку и карбонизацию полимерных цепочек конденсированной фазы, а также химические реакции преобразования и окисления находящихся в газовой фазе продуктов, которые сопровождаются физическими процессами массо- и теплопереноса.

Угарный газ не имеет цвета, запаха и, обладая близкой по значению с воздухом плотностью (0,96), отличается большей легучестью. Угарный газ опасен для организма

человека тем, что он в 200–300 раз интенсивнее по сравнению с кислородом проникает в гемоглобин крови, и это вызывает утрату способности красных кровяных телец (эритроцитов) снабжать организм человека кислородом, возникает сродство угарного газа с гемоглобином. Этим объясняется эффект, при котором вдыхание в течение 2÷3 мин воздуха, в котором содержится более 1 % CO, около половины гемоглобина крови, осуществляющего перенос кислорода, преобразуется в карбоксигемоглобин. Карбоксигемоглобин не может осуществлять перенос кислорода, и в организме человека нарастает его дефицит. Наступает кислородное голодание, гипоксия тканей, теряется способность рассуждать, человек становится равнодушным и безучастным, не стремится избежать опасности, появляется головокружение, возникает оцепенение, наступает депрессия, наблюдаются нарушения в координации движения, а за остановкой дыхания следует смертельный исход. Летальный исход может произойти и в процессе дыхания воздухом, который содержит лишь 0,3–0,5 % угарного газа, даже если в последующем была оказана полноценная медицинская помощь. Значительная доля летальных исходов обусловлена, прежде всего, тем, что процесс обратного распада карбоксигемоглобина протекает существенно медленнее по сравнению с процессом его образования. Существуют данные, что период уменьшения концентрации карбоксигемоглобина в крови в процессе вдыхания атмосферного воздуха в зависимости от условий может достигать до 320 мин [3].

Особую опасность на пожаре составляют различные полимерные материалы. Которые, как и любую продукцию, изготовленную с их применением, относят к категории горючих и пожаровзрывоопасных. П. 2 ГОСТа 12.1.044–89 (далее ГОСТ) [4] определяет пожаровзрывоопасность веществ и материалов как совокупность свойств, которые характеризуют их способность к возникновению и распространению процесса горения, вследствие которого в зависимости от скорости и условий протекания может произойти пожар (диффузионное горение) или взрыв (дефлаграционное горение предварительно перемешанной смеси горючего с окислителем). Полимеры также соответствуют условию, сформулированному в п. 2.1.2 ГОСТ, то есть могут квалифицироваться как материалы, которые обладают способностью возгораться под воздействием источника зажигания и продолжать самостоятельно гореть после его удаления.

Полимерные материалы составляют значительную часть пожарной нагрузки при горении электрических кабелей. Горение электрических кабелей сопровождается выделением значительного количества тепла, которое определяется удельной теплотой горения материалов изоляции, защитных оболочек кабелей и массой этих материалов, содержащихся в единице длины кабеля. Как показали опыты по сжиганию потоков кабелей в условиях кабельного туннеля, температура в зоне горения кабелей с изоляцией из полиэтилена или с бумажной пропитанной изоляцией достигает 1000–1200 °С. При этом наблюдается выделение значительного объема черного дыма и других газообразных продуктов, что приводит к снижению видимости и затрудняет действия персонала по тушению пожара и эвакуации людей.

В процессе деструкции и горения оболочек кабеля, а также полимерных изоляционных материалов, наблюдается выделение веществ в газообразном состоянии, главным образом, галогенов (хлор, бром, фтор), а также диоксида серы и других веществ, которые при соединении с парами воды составляют щелочные или кислотные растворы и обладают способностью инициировать коррозионные процессы в металлоконструкциях и коррозионное повреждение электронного оборудования. Несмотря на то, что наличие коррозионной активности продуктов горения непосредственно не влияет на ход пожара, желателен учет этого фактора при конструировании кабелей, так как коррозионное воздействие на металлоконструкции и оборудование обуславливает дополнительный ущерб от пожара, который в ряде случаев значительно превышает стоимость сгоревших кабелей.

Характерная для многих полимеров воспламеняемость, особенно для материалов со значительным содержанием углерода, предполагает наличие необходимости специальных мер для обеспечения безопасности при использовании этих материалов в тех ситуациях,

когда имеется потенциальная опасность их возгорания. Самым эффективным по затратам способом увеличения пожаробезопасности многих полимеров является введение в такой материал в процессе его переработки определенного компонента, замедляющего горение так называемого антипирена [5].

Наиболее распространенные компоненты, которые способны замедлить процесс горения полимерных материалов и которые применяются в настоящий момент, включают в себя галогенсодержащие соединения (к примеру, соединения фосфора, азота), а также целый ряд неорганических соединений.

Можно провести условное разделение существующих антипиренов на определенные группы, а именно:

- неорганические антипирены на основе гидроокиси алюминия, гидроокиси магния, полифосфата аммония, красного фосфора и некоторых других;
- галогенсодержащие антипирены, например хлор и бром;
- антипирены на основе фосфорорганических соединений;
- антипирены на основе азотсодержащих соединений.

Для многих полимеров подобраны антипирены, которые при введении их в состав вещества дают возможность инициировать наибольший эффект по уменьшению горючести. Использование подобных систем антипиренов позволяет в основном предотвращать или подавлять процессы горения посредством физического или химического взаимодействия в газовой или конденсированной фазе. В табл. 1 представлены наиболее популярные антипирены для ряда длинномерных полимеров [5].

Таблица 1. Обычно используемые антипирены

Полимер	Название антипирена	Рекомендуемая концентрация, %
Полиэтилен	Декабромдифенилоксид	21
Полипропилен	Тетрабромбисфенол-А	6–15
Поливинилхлорид	Тригидрит оксида алюминия	60
Полиамид	Полифосфат аммония	13
Эпоксидные смолы	Тетрабромбисфенол-А	18

Из табл. 1 следует, что существенную долю составляют антипирены на базе гидроксида алюминия и галогенсодержащих соединений.

Наибольшую применимость имеют галогенсодержащие антипирены, поскольку существующие галогенсодержащие соединения относятся к ингибиторам горения. Эффективность действия галогенсодержащих антипиренов увеличивается в ряде  $F < Cl < Br < I$ . Наиболее часто в роли антипиренов применяют бром- и хлорсодержащие соединения, так как они дают оптимальное соотношение цена/качество.

Надо заметить, что у хлорсодержащих антипиренов выделяется хлор в широком диапазоне температур, поэтому содержание хлора, находящегося в газовой фазе, относительно небольшое, а у антипиренов, содержащих бром, происходит разложение в достаточно узком диапазоне температур. Фторо- и йодсодержащие соединения не используются в роли антипиренов, так как фторосодержащие соединения малоэффективны, а йодсодержащие соединения имеют низкую термостабильность в ходе переработки.

У хлорсодержащих антипиренов содержится значительное количество хлора, которое проявляется в основном в газовой фазе. Кроме того, такой вид антипиренов имеет высокую светостабильность при незначительной стоимости, однако предполагает введение в полимерные материалы значительных концентраций для обеспечения требуемого класса пожаробезопасности. Используются в основном несколько типов хлорсодержащих антипиренов: хлорированные алкилфосфаты, хлорированные парафины, а также хлорированные циклоалифатические углеводороды. В обычных условиях антипирены

данного класса имеют относительно невысокую токсичность и слабовыраженное раздражающее действие.

В ходе проведения экспериментальных исследований установлено, что специфика проявления химических процессов в пламени существует в виде наличия сложно-пространственного распределения температуры продуктов горения. Кроме того, такое же сложно-пространственное распределение необходимо для описания концентраций исходных и промежуточных веществ и образующихся в ходе горения продуктов. Также для большинства материалов, выполненных на основе полимерных композиций, при их горении характерно огромное число различных продуктов разложения, находящихся как в конденсированной, так и в предпламенной, газовой области [6]. Все это существенно усложняет проведение измерений и формирование теоретических положений, описывающих процессы горения полимеров, которые бы отражали специфику анализируемых систем. Тем не менее, результаты проведенных научных исследований позволили не только установить некоторые общие качественные закономерности, но и предложить аналитико-экспериментальные и расчетно-аналитические методы оценки токсичности продуктов горения материалов, которые с конца прошлого века вошли в национальные и международные стандарты. Применяемые для этого физико-химические методы обобщены в табл. 2.

Таблица 2. Физико-химические методы и основные определяемые компоненты

Метод определения	Определяемые компоненты
Газовая хроматография с применением различных детекторов	Углеводороды предельные и непредельные, углеводороды ароматические, хлорированные углеводороды, спирты, альдегиды, кетоны
Фотоэлектроколориметрия	Аммиак, оксиды азота, акроелин, уксусный альдегид, хлористый водород, цианистый водород, уксусная кислота, фосген, хлор, формальдегид, фенол, оксид углерода, озон
Экспресс-методы	Оксид углерода, цианистый водород, кислород
Спектрофотометрия	Карбоксигемоглобин, метгемоглобин
Атомно-абсорбционная и атомно-эмиссионная спектрометрия	Свинец, ртуть, кадмий, олово, цинк, мышьяк

Моделирование процесса горения полимерных материалов предполагает в соответствии с требованиями ГОСТ 12.1.044-89 использование специальной установки по испытанию токсичности продуктов горения [7]. Для процесса пиролиза необходимо использовать реактор печного типа с режимом постоянного нагрева, в зоне пиролиза необходимая температура поддерживается постоянной при помощи нагрева извне. Изучаемый образец, который находится первоначально при комнатной температуре, загружается посредством специального приспособления в зону пиролиза, заранее нагретую до необходимой температуры. Процесс пиролиза осуществляется в горизонтально расположенной электропечи, внутри которой располагается реактор трубчатого типа. Наибольшая температура внутри такого реактора достигает  $900-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Внутри находится шлюзовое устройство, которое может осуществлять подачу пробы, помещающейся в контейнер, имеющий форму лодочки, который дает возможность убрать такой контейнер из пространства пиролизера без прекращения газового потока. Температура внутри печи может меняться в диапазоне  $100-1000\text{ }^{\circ}\text{C}$  с погрешностью стабилизации температуры в диапазоне  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ . Пиролиз проводится при определенных температурах печи:  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В качестве газа-носителя обычно применяется азот. Продолжительность процесса пиролиза устанавливается обычно экспериментально в пределах  $10-30\text{ мин}$ . Навески

образцов материалов выбираются в пределах  $0,04-0,08$  г. Летучие продукты, образующиеся при этом, могут быть идентифицированы с использованием методов газовой хроматографии. Примером аппаратного обеспечения могут быть отечественные газовые хроматографы «Кристаллюкс-2000» или «Кристаллюкс-4000» комплектованные модулем детекторов, например, ДИП, ЭЗД или ПФ. В этом случае процесс разделения продуктов пиролиза происходит на основе применения хроматографических колонок.

Результаты проведенных измерений, представленные в работе [8], показывают, что для температуры пиролиза  $200\text{ }^{\circ}\text{C}$  в азотной атмосфере уменьшение массы для материалов, выполненных из поливинилхлоридных (ПХВ) материалов, за временной отрезок  $30$  мин составило значение в диапазоне  $0,8-3,6$  %. Главными продуктами, которые образуются в результате пиролиза, в данной ситуации становятся хлороводородная фракция и фталатные пластификаторы, диффундирующие из нагреваемого полимера. Если температура превышает значение  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , главными результатами процесса пиролиза ПХВ материалов становятся алифатические углеводороды, а также бензол и характерные для матрицы ПХВ и фталатных пластификаторов материалы, что подтверждается результатами эксперимента при пиролизе пластифицированных ПХВ материалов. Результаты эксперимента в ходе хроматографического анализа состава продуктов пиролиза ПХВ материалов приведены в табл. 3.

Таблица 3. Состав продуктов пиролиза ПВХ при температуре  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$

Масса навески, г	Потеря массы, %	Содержание, %			
		Алифатические соединения	Бензол	Ароматические углеводороды	Галлопроизводные углеводороды
0,052	39,7	35,40	20,57	22,38	6,77
0,082	41,4	36,51	21,51	24,52	6,53
0,043	43,8	38,35	19,53	18,95	9,18
0,072	43,3	8,47	65,29	1,42	19,45
0,064	42,6	7,56	65,64	1,31	12,88
0,065	47,8	13,19	60,98	1,68	14,15
0,056	52,7	14,12	10,10	1,52	37,72
0,062	57,5	10,48	10,99	1,25	42,43
0,052	53,1	9,49	8,18	1,03	45,91
0,055	49,1	54,22	8,11	0,83	10,75

Данные, приведенные в табл. 3, позволяют сделать предположение, что при фиксированных температурах кроме процесса деструкции полимерного материала протекает определенный процесс ресинтеза продукта реакции с выделением ароматических и алифатических углеводородов. При этом в незначительной степени образуются полимеры с кратными связями, так как подобные процессы становятся нереакционноспособными и под действием хлороводородной среды главным образом синтезируются хлороорганические соединения.

При превышении температурного значения  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  процессы деструкции происходят с большей интенсивностью в сравнении с температурой  $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ , при этом количество синтезирующихся соединений и концентрация образующихся хлороорганических соединений уменьшается, но увеличивается концентрация образующихся синтезированного бензола, алифатических углеводородов и хлороводорода.

В ходе моделирования процесса сгорания материалов, выполненных на базе полистирола, в установке по изучению токсичности продуктов горения выделяются различные продукты горения. Результаты испытания таких материалов представлены в табл. 4 [9].

Таблица 4. Содержание компонентов продуктов горения полистирольных материалов при 400 °С

№ материала	Содержание компонентов											
	Алифатические углеводороды	Бензол	Толуол	Ксилол	Стирол	Псевдокумол	Метанол	Пропанол	Бутанол	Ацетон	Формальдегид	Метилметакрилат
1	7,4	1,97	1,27	1,08	76,7	1,14	0,10	0,03	0,69	0,70	2,70	0,19
2	3,55	1,03	2,76	17,0	57,8	11,2	0,06	–	–	0,12	–	–
3	2,87	2,81	1,44	8,06	64,4	4,92	0,09	0,47	0,05	0,44	0,01	0,02
4	4,32	7,52	0,75	0,31	75,1	1,08	–	–	–	0,41	–	–

- 1 – теплоизоляционная система «Cerezit»;
- 2 – теплозвукоизоляционный материал «Polifoam»;
- 3 – экструзионный пенополистирол;
- 4 – изделия цементно-полистирольные с наполнителем «Политерм».

При пиролизе полистирольных пластиков в диапазоне температур 200–400 °С главным выделяемым продуктом становится стирол. При нагревах до 750 °С может образоваться целый ряд продуктов разложения полистирола, в основном такими продуктами являются ароматические углеводороды. Количество мономерного стирола в продуктах горения полистирольных материалов также возрастает с повышением температуры пожара.

Таким образом:

1. Токсичность продуктов горения ПВХ в преобладающей степени обусловлена наличием оксида углерода и хлорида водорода.
2. В продуктах горения полистирола как на начальной стадии пожара (400 °С), так и при его развитии (700 °С) присутствует мономерный стирол, а также ароматические углеводороды, наличие которых необходимо учитывать при проектировании системы дымоудаления.

### Литература

1. Саволайнен Х., Кирчнер Н. Токсикологические механизмы воздействия дыма при пожаре // The Internet Journal of Rescue and Disaster Medicine. 1998. Т. 1. № 1.
2. Токсико-химическое поражение на пожаре / С.Х. Сарманаев [и др.]. Т. 16. Токсикология. URL: <http://www.medline.ru>. (дата обращения: 23.12.2018).
3. Визначення та гігієнічна оцінка показників токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів. Методичні казівки МВ 8.8.2.4-127-2006. Видання офіційне / под ред. Л.М. Шафран, Д.П. Тимошина, І.О. Харченко. К.: ДМП «Полімед», 2006. 128 с.
4. ГОСТ 12.1044-89 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. М.: Изд-во «Стандартов», 1985.
5. Леонова Д.И. Роль антипиренов в токсичности продуктов горения полимерных материалов // Актуальные проблемы транспортной медицины. 2010. № 3 (21). С. 121–125.
6. Противодымная защита зданий и помещений: пособие 4.91 к СНиП 2.04.05-91. М.: Промстройпроект, 1992. 75 с.
7. Кромптон Т. Анализ пластиков: пер. с англ. М.: Мир, 1988. 679 с.
8. Бердочников Р.С., Цховребов М.Г., Лысов А.Р. Методы оценки токсичности продуктов горения строительных материалов // Науч.-метод. электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 2. С. 266–270.
9. Михайлин Ю.А. Показатели огнестойкости полимерных материалов и методы их определения // Полимерные материалы. 2011. № 7. С. 26–31.

---

---

# ДИАЛОГИ СО СПЕЦИАЛИСТАМИ

---

---

## ГОСУДАРСТВЕННО-ЧАСТНОЕ ПАРТНЕРСТВО КАК ФАКТОР ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РОССИИ

**В.А. Щелакова, кандидат экономических наук, доцент;  
А.Б. Салманов, кандидат экономических наук, доцент.  
Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Изучен опыт использования форм и моделей государственно-частного партнерства в зарубежных странах и возможность их применения в России. Проанализирована классификация форм государственно-частного партнерства, используемых в России и представленных в отечественных исследованиях. На основании анализа мировой практики реализации проектов государственно-частного партнерства обосновано, что их наиболее перспективной формой для развития объектов транспортной инфраструктуры являются контрактные формы.

*Ключевые слова:* государственно-частное партнерство, модели государственно-частного партнерства, классификация форм государственно-частного партнерства, контрактные формы государственно-частного партнерства, механизм финансирования транспортной инфраструктуры

Государственно-частное партнерство (ГЧП) некоторые экономисты определяют, как формы участия бизнес-структур в решении проблем государственного масштаба, при этом осуществляемое преимущественно за счет бюджетных средств. Безусловно, такая узкая трактовка государственно-частного партнерства представляется не вполне правильной, хотя и небезосновательной. Ведь, как показывает практика осуществления проектов государственно-частного партнерства, зачастую российский бизнес привлекает в таком партнерстве лишь возможность использования бюджетных средств, что, безусловно, не может не сказаться на качестве реализации этих проектов.

В связи с этим требуют анализа и другие подходы к трактовке понятия государственно-частного партнерства, которые могут предусматривать и иные формы распределения ресурсов участников партнерства.

Виллисов М.В. определяет государственно-частное партнерство как юридически оформленное на определенный срок взаимовыгодное сотрудничество органов и организаций публичной власти и субъектов частного предпринимательства в отношении объектов, находящихся в сфере непосредственного государственного интереса и контроля, предполагающее распределение рисков между партнерами, осуществляемое в целях наиболее эффективной реализации проектов, имеющих важное государственное и общественное значение [1].

Варнавский В.Г. дает такое определение: «Государственно-частное партнерство представляет собой институциональный и организационный альянс между государством и бизнесом (предпринимательскими структурами), направленный на достижение общих экономических целей, на решение актуальных социальных и экономических задач» [2].

Государственно-частное партнерство обеспечивает инвестору не только привлекательность, но и безопасность вложения средств в инвестиционный проект. При этом государство имеет возможность развивать стратегически важную сферу, в которой реализуется данный проект.

При этом оба партнера выигрывают от участия в совместных проектах, получая определенные преимущества (рис. 1).

В системе партнерских отношений государство играет роли инициатора и гаранта. На рис. 2 и 3 представлены возможные формы участия и поддержки партнерства со стороны государственного сектора, а также формы участия в них бизнеса.



Рис. 1. Преимущества партнеров от участия в совместных проектах



Рис. 2. Формы государственного участия и поддержки ГЧП



Рис. 3. Формы участия частного сектора в ГЧП

В целях совершенствования механизмов финансирования проектов партнерства государства и частного бизнеса в Российской Федерации необходимо проведение исследований финансовых моделей государственно-частного партнерства в зарубежных странах.

Йескомба Е. в своем исследовании предлагает следующую классификацию форм государственно-частного партнерства для развития инфраструктуры, представленную на рис. 4 [3].

Анализ мировой практики применения разнообразных форм государственно-частного партнерства позволил российским исследователям предложить широкий спектр форм государственно-частного партнерства в зависимости от выбранных критериев классификации и степени детализации.

Тип контракта	Госзаказ	Франшиза	DBFO	ВТО	ВОТ	ВОО
Строительство	Государство	Государство	Частное	Частное	Частное	Частное
Эксплуатация	Государство	Государство	Частное	Частное	Частное	Частное
Собственность	Государство	Государство	Государство	Частное, при строительстве, далее – государство	Частное, при строительстве, далее – государство	Частное
Кто платит	Государство	Пользователь	Государство или пользователь	Государство или пользователь	Государство или пользователь	Частное, государство или пользователь
Кому платит	–	Частное	Частное	Частное	Частное	Частное

Рис. 4. Классификация форм ГЧП для развития инфраструктуры

Источник: составлено на основе Yescombe, E.R. *Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance* // Butterworth-Heinemann/Elsevier, Oxford, UK 2014, P.12, перевод с англ. авторов.

Основные проблемы, которые сложились в настоящее время в области взаимодействия государства и бизнеса при осуществлении проектов, создаваемых на принципах государственно-частного партнерства, представлены на рис. 5.



Рис. 5. Проблемы неэффективного взаимодействия государства и бизнеса при осуществлении проектов, создаваемых на принципах ГЧП



Рис. 6. Оценка эффективности инвестиционных проектов на примере транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга

При выборе вариантов реализации крупного инфраструктурного проекта за счет бюджетных средств необходимо провести сравнительную оценку экономической эффективности результатов:

- традиционного варианта реализации проекта – государственные закупки;
- альтернативного варианта реализации проекта – государственно-частное партнерство.

Оценку эффективности инвестиционных проектов можно видеть на примере транспортной инфраструктуры Санкт-Петербурга (рис. 6).

На рис. 7 представлены возможные варианты реализации инвестиционного проекта развития транспортной инфраструктуры в зависимости от его доходности.

Инвестиционный проект (на примере инфраструктурного проекта) может быть осуществлен на основе комплексного контракта, который объединяет несколько стадий жизненного цикла объекта как с привлечением средств частных инвесторов, так без внебюджетного финансирования.



Рис. 7. Возможные варианты реализации инвестиционного проекта развития транспортной инфраструктуры в зависимости от его доходности

При этом в первом варианте выплата по контракту учитывает стоимость привлеченного финансирования, то есть компенсирует частным инвесторам их расходы на осуществление инфраструктурного проекта.

Второй вариант не предполагает компенсацию государством стоимости финансовых ресурсов и возмещение инвестиционных расходов.

### Литература

1. Вилисов М.В. Государственно-частное партнерство: политико-правовой аспект // Власть. 2014. № 7. С. 11–13.
2. Варнавский В.Г. Государственно-частное партнерство: некоторые вопросы теории и практики // Мировая экономика и международные отношения. 2014. № 9. С. 41–50.
3. Yescombe E.R. Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance // Butterworth-Heinemann / Elsevier. Oxford. UK. 2014. 369 p.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Войтенко Андрей Викторович** – директор GM-City (реализация автозапчастей и сервис автомобилей) (Москва, ул. Озёрная, д. 46, к. 2, стр. 2);

**Войтенко Олег Викторович** – нач. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

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

**Ефремов П.В.** – курсант фак-та инж.-техн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Ильницкий Сергей Владимирович** – ст. инспектр Центра междунар. деят. и информ. политики СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149);

**Касаев Радик Адельханович** – и.о. нач. Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149),

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

**Кузьмина Татьяна Анатольевна** – доц. каф. надзор. деят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. пед. наук;

**Принцева Мария Юрьевна** – зам. нач. отдела Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук;

**Ричи Боян** – команд. пож.-спас. подраздел. Сектора по ЧС МВД Республики Сербия;

**Романов Николай Николаевич** – доц. каф. физ.-тех. основ обеспеч. пож. безопасн. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. техн. наук, доц.;

**Салманов Арзо Бакирович** – доц. каф. экономики и права (ИБЖ) СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. наук, доц.;

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

**Чешко Илья Данилович** – вед. науч. сотр. Науч.-исслед. ин-та перспект. исслед. и инновац. технол. в обл. безопасн. жизнедеят. СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), д-р техн. наук, проф., засл. деятель науки РФ;

**Щелакова Валентина Алексеевна** – доц. каф. экон. и права СПб ун-та ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), канд. экон. 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 обучались все пожарные специалисты страны.

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

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

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

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

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

академий, 5 старших научных сотрудников, 6 почетных работников высшего профессионального образования Российской Федерации, 1 почетный работник науки и техники Российской Федерации, 2 почетных радиста Российской Федерации.

В составе университета:

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

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

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

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

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

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

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

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

Университет имеет представительства в городах: Выборг (Ленинградская область), Вытегра, Горячий Ключ (Краснодарский край), Мурманск, Петрозаводск, Пятигорск,

Севастополь, Стрежевой, Сыктывкар, Тюмень, Уфа; представительства университета за рубежом: Алма-Ата (Республика Казахстан), Баку (Азербайджанская Республика), Бар (Черногория), г. Ниш (Сербия).

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Компьютерный парк университета составляет более 1200 единиц. Для информационного обеспечения образовательной деятельности функционирует единая локальная сеть с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета, справочно-правовую систему «КонсультантПлюс», систему «Антиплагиат». Компьютерные классы позволяют обучающимся работать в сети Интернет, с помощью которой обеспечивается выход на российские и международные информационные сайты, что позволяет значительно расширить возможности учебного, учебно-методического и научно-методического процесса.

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

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

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

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

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

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

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

Курсанты университета проходят обучение по программе первоначальной подготовки спасателей.

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

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

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

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

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

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

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

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



SCIENTIFIC AND ANALYTICAL MAGAZINE

**MONITORING AND EXPERTISE  
IN SAFETY SYSTEM**

**№ 1 – 2019**

**The Editorial Board**

**Chairman** – Doctor of juridical science General-the Lieutenant of internal service **Eduard N. Chizhikov**, head of the Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia.

**Co-chairman** – Doctor of Sciences **Savić Branko**, Director of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

**Vice-chairman** – Doctor of Political Sciences, candidate of Historical Sciences **Tamara V. Musienko**, Deputy Head of the University on scientific work.

**Vice-chairman** – Doctor of Sciences **Milisavlević Branko**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

**Members of the Editorial Board:**

Doctor of Technical Sciences, professor colonel **Sergey V. Sharapov**, Professor of the Department of criminology and engineering expertise;

Doctor of Technical Sciences, professor, honored science worker of the Russian Federation **Vladimir N. Lozhkin** Professor of the Department of fire, rescue equipment and road management;

Doctor of Medical Sciences, professor, honored worker of Higher School of the Russian Federation **Ludmila A. Konnova**, leading researcher of the of scientifically research institute of perspective researches and innovative technologies in the field of health and safety;

Doctor of Technical Sciences, professor, honored worker of Higher School of the Russian Federation, colonel **Mikhail A. Galishev**, professor of criminology and engineering and technical expertise;

Doctor of Chemical Sciences, Professor **Gregory K. Ivakhnyuk**, professor of fire safety of technological processes and production department;

Doctor of chemical sciences, professor **Nikolay V. Sirotinkin**, Dean of the Faculty of Technology of Organic Synthesis and Polymer Materials of Saint-Petersburg State Technological Institute (Technical university);

Doctor of Sciences **Babić Branko**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of Sciences **Karabasil Dragan**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of Technical Sciences, professor **Iliya D. Czechko**, leading researcher of the scientifically research institute of perspective researches and innovative technologies in the field of health and safety;

Doctor of Chemical Sciences, professor, Honored Worker of Higher School of the Russian Federation, **Vladimir A. Lovchikov**, professor of criminology and engineering and technical expertise department;

Doctor of Sciences **Petrović-Gegić Anita**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

Doctor of Sciences (PhD) **Agoston Restas**, Head of the Department of Passive Fire Defense and Prevention of Emergencies. Institute of Management in Emergency Situations (Republic of Hungary);

Doctor of Engineering Science **Mrachkova Eva**, Professor of the Department of Fire Protection of the Technical University of Zvolen (Republic of Slovakia);

Doctor of Engineering Science (PhD), colonel of an internal service **Yuriy S. Ivanov**, First Deputy Head of the Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies (Republic of Belarus).

**Secretary of the Board:**

Major **Polina A. Bolotova**, editor of editorial department.

Candidate of Technical Sciences **Subotić Natasha**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia.

## **The Editorial staff**

**Chairman** – Colonel **Sergey M. Styopkin**, chief of editorial department.

**Vice-chairman** – Major **Lyudmila V. Alekseeva** editor in chief of the editorial department.

**Members of the editorial staff:**

Candidate of Pedagogics science, Colonel **Tatyana A. Kyzmina**, associate Professor of the Department of supervision (responsible for the release);

Senior lieutenant **Sergey V. Ilitskiy**, inspector of the international department and information policy;

Candidate of technical science, Colonel **Oleg V. Voytenok**, chief of the supervisor department;

Captain **Alexander E. Gaidukevich**, the leading engineer of the information and communication technologies center;

Doctor of Technical Sciences **Petra Tanović**, professor of High technical school of professional studies from Novi Sad Republic of Serbia;

Doctor of science **Kim Hwayoung**, associate professor of the fire safety department of the Kyungil University (Republic Korea);

Candidate of Technical Science **Oleg D. Navrotskiy**, head of the Department of the Scientific Research Institute of Fire Safety and Emergencies (Republic of Belarus);

Doctor of juridical science, Associate professor, Colonel **Anna A. Medvedeva**, chief of the international department and information policy;

Candidate of technical science, Associate professor, Colonel **Julia N. Belshina**, chief of criminalistics and technical examinations department;

**Secretary of the Board:**

Captain **Liliya N. Mamedova**, editor of prepress department of editorial department.



## CONTENST

### ***THEORY AND PRACTICE OF FORENSIC ENQUIRY***

- Cheshko I.D., Prinzeva M.Yu., Kasaev R.A.** Instrumental methods in modern fire-technical expertise. 2. Field detection methods of remains of combustion intensifiers (arson tool) .....46
- Voronin S.V., Skripnik I.L.** Computer technology used in forensics ..... 51

### ***PROBLEMS AND PROSPECTS OF PREVENTION AND EXTINGUISHING OF FIRES PREVENTION AND SUPPRESSION***

- Voitenok O.V., Voitenok A.V.** The use of modular technical systems for reconnaissance, fire fighting and inspections of the territories of settlements bordering forests ..... 55
- Ilnitsky S.V., Efremov P.V., Boyan Richi.** The use of unmanned aerial vehicles for the management of extinguishing fires and conducting rescue operations ..... 62

### ***LIFE SAFETY***

- Kuzmin A.A., Romanov N.N., Kuzmina T.A.** Evaluation of the toxicity of combustion products of polymeric component of the fire load ..... 66

### ***DIALOGS WITH SPECIALISTS***

- Shchelakova V.A., Salmanov A.B.** Public-private partnership as a factor of economic security of russia ..... 72

**Information about authors** ..... 77

**Information sheet** ..... 78

Full or partial copying, reproduction, multiplication or other using of materials publishing in magazine «Monitoring and expertise in safety system» without written editorial permission isn't allowed

Reviews and wishes send at the address: 196105; Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, 149, incorporate editors office of editorial department of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, tel. (812) 645-20-35, e-mail: redakziaotdel@yandex.ru

Official website of Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia: [www.igps.ru](http://www.igps.ru)

Saint-Petersburg university  
of State fire service of EMERCOM of Russia, 2019

---

---

# THEORY AND PRACTICE OF FORENSIC ENQUIRY

---

---

## INSTRUMENTAL METHODS IN MODERN FIRE-TECHNICAL EXPERTISE

### 2. FIELD DETECTION METHODS OF REMAINS OF COMBUSTION INTENSIFIERS (ARSON TOOL)<sup>1</sup>

**I.D. Cheshko; M.Yu. Prinzeva, R.A. Kasaev.**

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

The field methods for detecting residues of combustion intensifiers (arson tools), which are used and can be used in fire and technical expertise, are considered. The possibility of using test systems to detect petroleum residues in soil and water is shown. The principles of operation and technical capabilities of electronic and chemical gas analyzers, as well as a portable fluorometer in combination with solid-phase extraction technology, are described. An application is proposed for detecting and studying residues of flammable liquids of modern portable gas chromatographs.

*Keywords:* gas analyzers, photoionization detector, indicator tubes, combustion intensifiers, flammable and combustible liquids, fire-technical expertise, objects of study.

As is well known, with expert support of the investigation of arson, one of the main tasks is the detection, determination of the composition and nature of substances used as a means of arson – the so-called combustion intensifiers (IG). As such, mainly flammable and combustible liquids (HLV / HL) are used.

Modern analytical chemistry provides a wide range of methods for detecting residues of flammable liquids – both native and evaporated, and burnt. The problem consists in the choice of the method optimal from the point of view of both efficiency and simplicity, and availability for the potential user – expert of SEU FPS IPL EMERCOM of Russia.

The choice of a combustible liquid by an attacker is usually not difficult and is determined by the main factor – the availability of this liquid, finding it at the right time, which is called «at hand». The analysis of expert practice shows that these are, first to all, light oil products – motor fuels (gasoline, diesel fuel), solvents for paints and varnishes, naphrases, white spirit, and recently, the so-called «liquids for ignition» and some other liquids. Considering this, this article discusses the possibility of modern analytical methods in the detection of these means of arson directly at the site of the fire.

#### **1. Test systems**

Test systems are a recently popular means of qualitative and quantitative rapid analysis [1].

HNU Systems Inc. made test kits are available for determining motor fuel and oil in soil and water. The method is based on the Friedel-Crafts alkylation reaction of their aromatic hydrocarbons. A similar test kit is produced by Remedi Aid Total Petroleum Hydrocarbon. It is designed for quick and easy field determination of saturated hydrocarbons in the soil. The reaction is carried out in a test tube with the gradual addition of reagents. The result is a colored product, the content of which is proportional to the amount of petroleum hydrocarbons. The optical density is measured using a portable colorimeter on LEDs with battery power.

---

<sup>1</sup> Methods of molecular spectroscopy published in №1 for 2018

Enzyme immunoassay test methods for the determination of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene in the soil (d BTECH technique (merch E.), OHMICRON rapid test (Supelco, USA) are proposed.

Unfortunately, this kind of analysis using «wet chemistry» is unlikely to be implemented in the framework of fire-technical research – it are quite long and require the participation of a qualified expert chemist.

## **2. UV illuminators**

When searching for traces of petroleum products, their ability to luminesce under the influence of ultraviolet (UV) radiation was used for many years. They are searching for petroleum products using UV illuminators.

The color of luminescence depends on the component composition of the petroleum product. For saturated hydrocarbon (methane, ethane, propane, butane), the luminescence color changes from green to blue. For cyclic hydrocarbons (benzene, toluene, xylene, etc.) – from yellow to lightgreen, rarely purple.

The stronger the absorbency of the carrier material, the lower the luminescence intensity. The penetration of oil into wood allows us to detect this small number only on the cut surface taken in the place of penetration across the grain.

On fabrics, the observation of luminescence is hampered by the intrinsic luminescence of fabric fibers or the luminescence of dyes applied on it.

Many substances and compounds have a phenomenon called luminescence quenching. This happens, for example, when oil gets on some types of fabrics and rubber. The spots from the petrochemical in this case look black on a lighter background.

Petrochemicals are hardly detected on charred surfaces. This circumstance is very important for the method working at the place of fire [2].

This method, widely used until the 80s of the last century, is currently practically not used.

## **3. Gas analyzers with indicator tubes (chemical gas analyzers)**

Chemical gas analyzers work on the linear-coloristic principle and are a hand pump through which a certain amount of air is pumped through a glass indicator tube. The method consists in determining the chemical composition of the vapor-air mixture of chemical substances using indicator tubes according to a characteristic change in their coloring.

Indicator tubes are sealed glass tubes filled with solid carrier with an active reagent. The most famous company «Dräger» (Germany) produces tubes for the rapid determination in the air of more than a dozen chemical substances, including diethyl ether and toluene.

Company «Crismas +» (St. Petersburg) produces tubes for the determination of petroleum hydrocarbons by reaction with KIO<sub>3</sub>. The concentration of the analyte (or group of substances) is found by changing the intensity of the color of the indicator powder by comparison with the color scales or along the length of the colored layer.

The range of detectable concentrations of the «Crismas +» tubes for the sum of petroleum hydrocarbons is 100–4000 mg / m<sup>3</sup>, kerosene is 100–1,200 mg / m<sup>3</sup>, toluene is 50–1600 mg / m<sup>3</sup>, and xylenes are 25–300 mg / m<sup>3</sup> [3].

### *Multichannel chemical gas analyzer*

As a rapid method for the detection and pre-classification of residues of flammable liquid. The St. Petersburg Company «Servek», together with specialists from the Research Center for Fire Examination, developed and manufactured a special multi-channel gas analyzer, the DQAV (a Device for Qualitative Analysis of combustion intensifier Vapors) [4], consisting of a bellows-type pump and a multi-channel nozzle allowing to install and pump simultaneously 6 tubes. The kit includes 4 specially selected indicator tubes and tubes with a sorbent:

- alkanes-labeled tube for the determination of aliphatic hydrocarbons;
- arena-labeled tube for the determination of aromatic hydrocarbons;
- labeled-ketones tube for the determination of ketones;
- labeled-alcohols tube for the determination of alcohols;
- labeled-sorbent tubes for sampling the gas phase in order to further, if necessary, laboratory research.

In tab. 2 shows the possible combinations of color changes of the indicator tubes, conclusions on the results of these changes, as well as some commercial products that can cause a similar reaction.

Table 2. Possible combinations of the color change of the indicator tubes and analysis of results

№	Substance class				Results analysis (detected group substances)	Commercial products
	Alkanes	Arenas	Alcohols	Ketones		
1	+	-	-	-	Aliphatic hydrocarbons	<i>Individual substances</i> (pentane, hexane, heptane, etc.); <i>some light oil products</i> (kerosene for technical purposes according to GOST 18499-73, gasoline for industrial and technical purposes in accordance with GOST 8505-57, liquid for ignition, oil for kerosene lamps, etc.); <i>heavily burnt light oil</i>
2	+	+	-	-	Aliphatic mixture and aromatic hydrocarbons	<i>Light oil products</i> (lighting kerosene, motor gasolines, diesel fuels, white spirit, nefras, solvent PC-2, etc.)
3	+	+	+	-	A mixture of aliphatic, aromatic hydrocarbons and alcohols	<i>Blend Solvents</i> (solvent № 651, stain remover «Varis» and others.)
4	+	+	+	+	A mixture of aliphatic, aromatic hydrocarbons, alcohols and ketones	<i>Blend Solvents</i> (solvent non-stick paints, etc.)
5	-	+	+	+	A mixture of Aromatic hydrocarbons, alcohols, ketones	<i>Mixed solvents non-oil nature</i> (solvents № 645, 646, P-40, P-119Э, P-265, P-1166, PJI-541, PЭ-7B, PЭ-11B, diluent PДB etc.)
6	-	-	+	+	A mixture of alcohols and ketones	<i>Mixed solvents non-oil nature</i> (solvents Э-80, P-198, JKP etc.)
7	-	-	-	+	Ketone containing substances	<i>Individual substances</i> (Acetone, butanone, etc.); <i>non-oil solvents</i> (solvents A (acetone ester), P-251Б, P-563, P-1176, PJI-277, nail polish remover, etc.)
8	-	-	+	-	Alcohol-containing substances	<i>Individual substances</i> (methanol, ethanol, butanol, etc.); <i>perfumery and cosmetic</i> (perfume, colognes, etc.); <i>food products</i> (tinctures, etc.); <i>technical liquids</i> (non-freezing liquid for washing windows, liquid for ignition, etc.); <i>non-oil solvents</i> (solvents M, № 30, PФГ, P-60, P-548, P-2115, P-3160, KP-36, ФК-1)
9	-	+	-	-	Aromatic Hydrocarbons	<i>Individual substances</i> (Benzene, toluene, xylene, etc.); <i>solvents</i> (Solvent oil, P-12, P-197, P-1101, P-1101M, PJI-298, PBJI, PC-1, PЭC-5107, PKЧ etc.)
10	-	+	-	+	A mixture of hydrocarbons and ketones	<i>Mixed solvents non-oil nature</i> (Solvents: P-4, P-5, P-10, P-11, P-14, P-24, P-189, P-219, P-2106, PJI-176, PII etc.)

11	-	+	+	-	A mixture of hydrocarbons and alcohols	<i>Mixed solvents non-oil nature</i> (solvents: № 647, 648, 649, AMR-3 (furniture), etc.)
12	+	-	-	+	A mixture of hydrocarbons and ketones	<i>Blend Solvents</i>
13	+	-	+	-	A mixture of hydrocarbons and alcohols	<i>Blend Solvents</i>
14	+	+	-	+	A mixture of aliphatic, aromatic hydrocarbons and ketones	<i>Blend Solvents</i> (Solvents: P-119, PJI-176M и др.)
15	+	-	+	+	Aliphatic mixture hydrocarbons, alcohols and ketones	<i>Blend Solvents</i>

#### 4. Electronic gas analyzers

Electronic gas analyzers are available with various types of sensors - electrochemical, thermoconductometric, thermochemical, photoionization, infrared, etc. For the purpose of detecting residues of flammable liquids of various types, first of all, gas analyzers with thermochemical and photoionization sensors are of interest. *Газоанализаторы с термохимическими датчиками*

The principle of operation of thermochemical sensors consists in fixing the thermal effect from the combustion of combustible vapors and gases on a sensitive element coated with a catalyst substance (manganese-copper catalyst, fine platinum).

The measurement of the resulting temperature is carried out using a thermistor, which, depending on the temperature, changes its resistance, thereby changing the passing current.

Thermochemical gas analyzers of the PGF type are widely used in Russia, in particular, in the gas services to detect leaks of natural gas supplied to consumers. However, when searching for residues of flammable liquids, practically not used. Obviously, unable to withstand competition with gas analyzers with photoionization sensors - more sensitive.

##### *Gas analyzers with photoionization sensors (PIS)*

A gas analyzer of this type works by measuring the current caused by the ionization of gas and vapor molecules by photons emitted by a source of vacuum ultraviolet radiation.

Unfortunately, it is difficult to determine by a signal from a photo-ionization detector which specific substance it has detected, since a device of this type reacts to a wide range of substances with an ionization potential of less than 10.8 eV.

The number of gases and vapors with an ionization potential below 10.8 eV includes organic substances of almost all known classes – saturated hydrocarbons (from butane and above), aliphatic aldehydes and ketones, alcohols, ethers, esters, acids, olefins, amines, aromatic hydrocarbons, etc. Of the common inorganic substances, the gas analyzer with PIS determines only ammonia and hydrogen sulfide.

Only the lightest representatives of the indicated classes – methane, ethane, propane, formaldehyde, methanol, formic acid, etc., and also oxide and carbon dioxide, oxygen, hydrogen, nitrogen, fluorine, chlorine, fluoride, chloride, hydrogen bromide and some other gases [5]. From the above list, it follows that almost all used by the arsonizers of flammable liquids and liquid guns (gasoline, kerosene, solvents for varnishes and paints, etc.) can be detected with a device with a photo-ionization detector.

Currently, many forensic expert divisions of the fire service EMERCOM of Russia have instruments with «Kolion-1B» and «ANT-3» photoionization detectors. They are actively used when working on the site of a fire, almost closing the basic needs in this kind of technology.

#### 5. Field fluorimeter and solid phase extraction method

Most of the combustion enhancers include aromatic hydrocarbons. In addition, aromatic hydrocarbons are part of a number of solvents for varnishes and paints and some other combustible

liquids available to the pyro. Therefore, the detection of aromatic hydrocarbons can be used as a test for the presence of residues of the combustion source.

Fluorescence spectroscopy (FS) is a sensitive and effective method for detecting residues of combustion intensifiers at a fire site. The method is based on the ability of aromatic hydrocarbons to luminesce under the action of light in the visible and ultraviolet range [5].

The use of fluorescence spectroscopy to detect remnants of combustion sources directly at the site of a fire was previously impossible due to the absence of portable (field) instruments that allow one to quantify the intensity of luminescence.

Recently, the Research Center for Fire Examination, together with a company «SOLAR» (Minsk) and the Institute of High Molecular Compounds of the Russian Academy of Sciences (Saint-Petersburg), created an instrument and method for detecting combustion sources at the site of a fire with components of flammable liquids – aromatic hydrocarbons.

The essence of the method consists in solid-phase extraction of residues of combustion intensifiers contained after extinguishing a fire on the surface of water pools, wet structures, products and their burnt residues with a polymer sorbent, followed by measuring the fluorescence intensity from the surface of the sorbent using a portable fluorometer [6,7].

Portable fluorometer (fluorometric indicator of petroleum products INPF-01 EP) allows in the field (directly at the fire site) to detect the remains of these substances, as well as screening the fire site – (a study to identify the zone with the maximum concentration of residues of combustion intensifiers for the purpose of sampling for laboratory research.

For solid-phase extraction of the combustion source, a special sorption plate is used. Sorption can be carried out from the surface of wet objects, structures, objects and water accumulated during the fire extinguishing.

It was experimentally established that the detection limit of aromatic hydrocarbons in water in this case is  $2 \cdot 10^{-3}$  g / l (for gasoline) [8].

The described method of detecting sources of combustion at a fire site significantly expands the capabilities of specialists when searching for residues of flammable liquids - arson agents and can be recommended for introduction into expert practice.

## **6. Field gas chromatographs**

Portable gas chromatographs are used (infrequently, but used) to detect and study residues of flammable liquids since the appearance of these devices. So, in the 70 s of the last century, the Moscow plant «Chromatograph» produced a portable «HPM-4» chromatograph. However, the imperfection of this technique did not contribute to its widespread use. Everywhere in expert organizations, preference was given to the technology of work in two stages - sampling of objects-carriers of the remnants of flammable liquids at the site of a fire and their research in laboratory conditions. At present, technical capabilities have expanded and the task of one-stage analysis directly at the site of a fire has become quite real.

Technical tools have become more sophisticated and reliable. Thus, the «FROG-4000GC» portable field gas chromatograph (USA) is offered for delivery. The device weighing less than 3 kg, uses atmospheric air as a carrier gas, is equipped with a miniature preconcentration system, a 4 m microchromatographic capillary column and a photoionization detector. The device provides detection and rapid analysis of trace concentrations of volatile organic compounds in air, water and soil with an average analysis time of 5-7 minutes.

Russians portable chromatographs of the «FGH series (NPP «EKAN»))» have a capillary column of 25 m, dimensions of 460x350x120 mm (case) powered by built-in batteries

The above review of existing methods of analysis reflects the rather broad possibilities that fire-technical experts can use when it is necessary to detect the remains of flammable liquids at a fire site and thus establish an important qualifying sign of the criminal nature of the fire. Unfortunately, methodological developments in this area (with the exception of those listed) have practically not been conducted in recent years. Although the potential for this, of course, there are.

## References

1. Zolotov Y.A., Ivanov V.M., Amelin V.G. Chemical test methods of analysis. M.: Editorial URSS, 2002. 304 p.
2. Mitrichev V.S., Khrustalev V.N. Basics of forensic research of materials, substances and products from them. SPb.: Peter, 2003. 591 p.
3. Petrova N., Mmm. Muravyov A.G., Lavrinenko A., Smolev B.V. Indicator tubes and gas determinants / Ed. Muravyova A. G.-SPb.: Crismas+, 2005. 176 p.
4. Printseva M., Cheshko I.D. Multichannel gas analyzer with indicator tubes and its application to establish the nature of the liquid used in arson // SB. art. Investigation of fires. M.: VNIPO, 2007. vol. 2. P. 170–180.
5. Cheshko I.D., Printseva M.Yu., Yatsenko L.A. detection and determination of the composition of flammable and combustible liquids in case of arson. benefit. M.: VNIPO, 2010. 90 p.
6. Klapyuk I.V., Printsev M.Yu., Cheshko I.D. Application of solid-phase and ultrasound extraction in expert investigations in cases of arson: method. benefit. M.: VNIPO, 2013. 50 p.
7. Cheshko I.D., Klapyuk I.V., Elyashevich G.K., Rozova E.Yu. Method of detecting the location of the fire residues of aromatic hydrocarbons comprising modulators of burning // Patent of Russia № 2497102 of the Russian Federation. 2013. Bul. № 30.
8. Klapyuk I.V., Cheshko I.D. Detection of traces of light oil on the fire place with the burning // Vestnik S.-Petersb. university of State fire service of EMERCOM of Russia. 2012. № 3. P. 38–43.

## COMPUTER TECHNOLOGY USED IN FORENSICS

**S.V. Voronin; I.L. Skripnik.**

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

The article deals with the use of computer technology in forensic examinations. Their purpose, purpose, characteristic, objects of research, fields of application, possible results are given.

*Keywords:* examination, judicial activity, method, computer technology, software

Methods of forensic expert activity are based on scientific approaches, depending on the properties of the object of study and based on the experience of solving expert problems [1].

The emergence and further development of new scientific areas and types of expertise is a natural process in the period of scientific and technological progress. In case of a new object, already known expertise is applied. When the mastered object is investigated, on the basis of new knowledge there is an opportunity to carry out examination for the purpose of acquisition and receipt of new data [2]. Currently, a new type of forensic examination using computer technology is being developed [3]:

- hardware and computer expertise (HCE);
- program and computer expertise (PCE);
- informing and computer expertise (ICE);
- computer and network expertise (CNE).

HCE – are one of the varieties of judicial computer and technical expertise. It consists in the analysis of technical or, as they are called, hardware computer systems. The subject of its examination is to establish the fact or circumstances associated with the operation of technical means.

The main problem of the purpose of this type of computer-technical expertise is the reference of the object to the hardware. According to the adopted classification of objects subject to computer-technical expertise, the following types of devices belong to the class of hardware objects:

- laptops;
- hardware used to organize work in the network;
- terminal equipment: keyboard, mouse, trackballs, speakers, storage media, etc.;

- built-in hardware systems based on microprocessor controllers;
- integrated systems: mobile phones, pagers, etc.;
- any details of the listed hardware, components and accessories.

The need for HCE arises in the settlement of a wide variety of disputes in civil cases. The study allows to determine the causes of failure or incorrect operation of the hardware device, the presence of manufacturing defects, to identify evidence of unfair storage and transportation of equipment, as well as the use of devices for other purposes or in conditions contrary to the requirements specified in the accompanying documentation. HCE also includes activities carried out by experts to extract information from broken media that have failed as a result of a breakdown, accident or natural disaster.

This type of research allows you to establish the performance of the device, the existing faults and their impact on the overall suitability of it to work.

PCE – are also a kind of forensic computer-technical expertise. With the development of computer technology there was a new direction of offenses, which were called crimes in the field of computer information. In such crimes, computer equipment and software are used to achieve the goal.

The main purpose of this examination is to establish the involvement of the investigated software complex to the criminal act under investigation. Also, as a result of the analysis, traces of illegal actions committed can be found. The subject of the examination are the features of the development and application of computer system software. The analysis can be carried out in civil and criminal cases.

PCE's objects there are following components:

- operation systems (system software);
- utilities (utility programs);
- software tools for software development, debugging
- application programs designed to perform certain functions – text editors, spreadsheets; work with two-dimensional and three-dimensional graphics; create presentations; mail programs, drawing editors, and many others.

The reason for the appointment of this examination may be a reasonable suspicion of incorrect operation of the software, the incompatibility of two or more programs that are in the General chain of execution of any operations, and so on.

PCE are widely used in criminal investigations, but the need for such research and in other types of proceedings is gradually increasing, which is caused by extensive computerization of all areas of life. Currently, there are many civil cases, including those decided in arbitration courts. Also, a large number of cases related to the protection of consumer rights, copyright infringement in the distribution of counterfeit products. It solves a wide range of tasks related to the specific features of the software, its development, implementation, application and so on. A wide variety of tasks solved with the help of this study is due to the fact that computer systems with appropriate software are used in almost all areas of human activity.

Its main tasks are:

- determination of General characteristics of the software under study, analysis of its component composition;
- classification of individual system or application software included in the submitted for the examination software;
- determination of counterfeiting (or the presence of such features) of the software as a whole or its components;
- establishment of specific characteristics of the software under study: type of software, name, version, developer, etc.;
- determination of the data of the developer of the software product under study. For legal entities, the details of the organization are established. For individuals – identity data.

Methods of software research used in the course of software and computer expertise, it is accepted to classify, based on the type of object under study. There are the following groups

of methods: source code analysis; research of software algorithms; study of executable codes (boot modules).

Examination of boot modules is based on the study of software tools using basic methods that track all interrupts that are caused by this program. The method used by the expert must correspond exactly to the type of the problem to be solved. Accordingly, to obtain a reliable result of the study, it is necessary to choose an expert with a high level of professional competence and extensive experience in conducting research.

In the analysis of malicious software (viruses, worms, etc.) apply different methods of monitoring – analysis file signature (monitoring disk space), verification of checksums (monitoring of memory).

The subject of the analysis of the ICE are digital data – information contained in a computer system. It is considered to be a key study in this group, as it provides an opportunity to summarize the investigative activities, finally answers most questions related to digital data. In the process of its implementation, the specialist sets the goals of search, collection, research and expert evaluation of the detected information that has been collected and stored by the user or generated by the actions of special software to support workflows in the computer system under study.

The study of information content gives a very diverse results, as it explores completely different data. Analysis of information allows you to identify traces of programs and applications, to identify transactions made through information networks, as well as to track the activities and intentions of the computer user on the basis of stored (or even deleted) files in a personal computer.

For evaluating the content detected information and qualifications can be brought in the appropriate specialists, linguists, culturologists, psychologists, etc. for Example, the test medium can contain data that can be viewed as pornographic, inciting ethnic hatred, containing remarks, degrading someone's honor and dignity, etc.

Nevertheless, working with information requires deep knowledge in the field of information technology and methods of computer data storage, as the contents of information storage devices must first be detected and extracted, translated into a format that is accessible to specialists. The experience of the employee of the organization conducting the ICE, its level of professional competence plays a crucial role in obtaining a comprehensive and reliable research and achieving the goals pursued by the initiator of the analysis.

This examination is designed to study a very wide range of problems and is based on the diversity of the data studied. In addition, the expert performs a large amount of activities related to the receipt and processing of information, not only with the analysis of the extracted data. Expertise is able to solve the following tasks, consisting in the definition of:

- method of formatting the data carrier and writing data to it;
- specific characteristics of physical placement of information on the studied data storage;
- indicators of logical placement of information;
- the main attributes of data to a computer system: file sizes, total data volume, file names and types, dates of their creation and changes, other characteristics;
- type of information: archive, deleted, hidden or explicit information.

ICE are rather complex type of research, as the actual analysis of information is preceded by painstaking and often lengthy work on extracting data from existing media. Such an examination can be carried out on the decision of the investigation, the judiciary, the initiative of a natural or legal person. This expertise is carried out in state expert bureaus and non-state expert centers.

In order to initiate it, it is necessary to conclude a contract with the expert center for the provision of services for the implementation of the study. The contract is concluded after a preliminary consultation, during which the type of research required, the amount of work to be done, the objectives of the examination set before the expert, the timing and cost are determined. All these data are mandatory to be entered into the contract signed before the start of the expert Advisor.

At the end of the expert formulates an expert opinion. It is the result of the work done by the researcher, the main meaning of the analysis. The expert opinion has evidentiary value and

can be presented during the court session as an argument of one of the parties. It contains a description of all the actions performed by the expert, submitted for the analysis of materials (if necessary – with photos of objects), copies of the studied documents. In addition, in conclusion, the conclusions of the expert and the answers to the questions posed to him at the beginning of the study.

CNE is based on checking the physical and functional state of computer facilities, which are provided with information and network technologies. This is a very young and at the same time a special kind of expertise. Only one expert who has in-depth knowledge in the field of network and information technologies, can perform the task of inspection of corporate networks, which are often used by businesses.

It is carried out to solve the following tasks:

- identify the parameters and properties of the computer with the software used;
- determining the properties and characteristics of the network resource, establishing its architecture;
- opening access to certain data, in case of its closure;
- establish the initial state of the network, its components, identify the time of adding or removing network devices;
- analysis of the General state of the network resource and network capabilities, based on the collection of information about it.

It is conducted in order to assess the possibility of introducing foreign objects into the state, commercial system of enterprises and institutions (whether there were attempts of unauthorized connection, influence on the developed algorithms and models of work).

The considered types of computer expertise are mainly carried out in a complex way, because knowledge from various subject areas is needed. These computer technologies used in forensic examination will help at a higher quality level, taking into account the latest achievements of science and technology, to carry out the necessary work in this area.

### **References**

1. Skripnik I.L., Voronin S.V., Kaverzneva T.T. Features of modification of procedures of morphological analysis of technical systems // Risk management problems in technosphere. 2018. № 1 (45). P. 112–121.
2. Bardulin E.N., Skripnik A.I., Voronin S.V. Approaches to creation of modern fire alarm control panels // Risk management problems in technosphere. 2018. № 2 (46). P. 105–110.
3. Kuzmina T.A., Petrova N.V., Sataev S.V. Technology of pedagogical design as a tool for interactive learning // Psychological and pedagogical problems of human and society security. 2017. № 4 (37). P. 42–46.



---

---

# PROBLEMS AND PROSPECTS OF FIRES PREVENTION AND SUPPRESSION

---

---

## THE USE OF MODULAR TECHNICAL SYSTEMS FOR RECONNAISSANCE, FIRE FIGHTING AND INSPECTIONS OF THE TERRITORIES OF SETTLEMENTS BORDERING FORESTS

**O.V. Voitenok.**

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

**A.V. Voitenok. GM-City. Moscow**

The possibilities of application are considered of modular technical systems for reconnaissance, firefighting and inspections of the territories of settlements bordering forests.

*Keywords:* modular technical complex, reconnaissance, fire, fire safety

On the territory of the Russian Federation, forest and peat fires are a common disaster for the population, the economy and the natural environment. Forest fires pose a major threat to communities bordering forests.

Timely detection of fire often plays a crucial role. Obtaining information about the nature of combustion, the area, the direction of the spread of fire allows you to make a timely decision on attracting the necessary forces and means to localize and eliminate it.

Often, there are not permanently deployed fire protection units in the territory of small settlements bordering on forests. Partially this.

On the territory of the Tver region a lot of swamps and hard to reach places. The largest swamps are located in the northeast region. This area is called Orshinsky Moss.

On the territory of Kimrsky district of the Tver region there is a swamp «Clean Moss». Periodic fires in this swamp are a threat to neighboring villages.

Large peat fires in the Kimry district of the Tver region occur every 2–3 years. In 2011, a swamp caught fire due to a severe drought, an earlier turfary near the village of Yurino. The situation was very tense.

Large forces were sent to extinguish the swamp, which is located between the villages of Yurino and Trufanovo. Groups of foresters, administration officials and local residents were organized. All forces were sent to eliminate fires in the swamp. On August 7, the fire approached the village of Trufanovo. The fire approached the village at a distance of 200 meters. According to eyewitnesses, it burned very badly. We managed to defend the village. Not a single house, not even the fence was damaged. At the time of the fire, there were 18 people in Trufanovo, three men, all the rest of the elderly, and children. The village is small, only five people live here year round, the rest are summer residents.

To extinguish the fire, a helicopter was used, which had to fly four times to get water and return to the fire. The fire covered about 30 hectares of forest.

In extinguishing peat fires in the Kimry region in recent years, adapted technique has been widely used. This technique was primarily used to ensure the supply of water.

The difficulty of extinguishing forest and peat fires in remote areas necessitates the timely detection of this fire to ensure the possibility of its early localization and elimination. Of great importance is also the activity carried out by the supervisory authorities of the EMERCOM of Russia – conducting inspections of local governments and preventive work.

The creation of fire departments in small settlements is not economically feasible. One of the solutions to the problems of fire safety is the creation of voluntary fire departments. Firefighting equipment for providing voluntary fire brigades is quite expensive. The use of light technical systems based on quad bikes allows you to build a technical complex for specific tasks.

The technical complex will allow timely detection of a forest or peat fire.

Designated purpose of modular technical complexes:

- The ability to quickly change the layout of the technical means;
- The possibility of expanding technical support;
- Improve the tactical possibilities of technical complex;
- Possibility of remote monitoring and reconnaissance of fires.

The target audience that can use modular technical complexes is:

- Federal executive authorities (departments of the Emergencies Ministry of Russia; divisions of ROSLESKHOZ, etc.);
- Voluntary fire departments;
- Local governments;
- Organizations using territories bordering forests and swamps;
- Organizations engaged in peat extraction.

As a base the technical complex is proposed to use a quad bike.

Firstly, using as a basis the quad bike will ensure reduction in the cost of the complex, and will provide possibility at a sufficient level.

The analysis of the cost of quad bikes sold in the Russian Federation. When analyzing considered quad bikes with an engine volume of at least 500 cm<sup>3</sup>.

As a base, it is proposed to use Stels ATV 600 worth 342 thousand rubles. This quad bike made Russia [1].

To improve the possibility and carrying capacity of the technical complex, it is proposed to change the wheelbase from 4x4 to 6x6.

This solution is proposed to be implemented not stationary, but as a module, mounted if necessary, to improve the carrying capacity (Fig. 1).



**Fig. 1. Module improve carrying capacity and possibility**

Requires reworking the rear axle and providing the ability to connect an additional bridge. All connections will be detachable and installation of this module can be carried out in a short time (Fig. 2).



Fig. 2. StelsATV 600 with a module for improving the possibility and carrying capacity

Layout options for individual modules are presented below.

### **Universal fire module UPM-300**

UPM-300 is necessary for the inspection and realization of the necessary fire prevention measures related to fire in forests, in rural areas, at economic facilities. Extinguishes the flames using water from its tankage and from the reservoir. Fire module UPM-300 is built into any type of transport or on a passenger trailer (Fig. 3).



Fig. 3. Universal Fire Module UPM-300

For the supply of water used resource or tankage. In order to save water, a high-pressure installation is used, which is more effective when eliminating a fire in conditions of poor availability of liquid. The volume of a tank of 300 liters is enough for more than half an hour of uninterrupted work (Fig. 4).



Fig. 4. Layout options of the technical complex by the UPM-300 module with an additional tankage for water

### Buoyancy module

Inflatable floats allow you to move on the water due to the rotation of the wheels. Very convenient, comfortable, and most importantly, a quick way to cross the reservoir on a quad bike (Fig. 5).



Fig. 5. Inflatable balloon floats

The model of a float for the quad bike is made of the thickened PVC fabric with six dot fastening. Basically, instead of glue, PVC welding is used for high reliability and durability of seams. Fastening half rings made of durable plastic.

Removing and installing the whole set takes no more than 10–15 minutes. Suitable for any model quad bike. Pumping can be done through the use of exhaust gases.

In recent years, unmanned aircraft has received great development. The use of unmanned aerial vehicles provides the ability to detect fires in remote places (Fig. 6).

UAV should be built on a base of multikopter with 4 engines with frame size F450 and arrangement of QUAD X motors.

As a module of the technical complex, it is proposed to use a set of a light UAV based on a quadcopter. Existing foreign devices are quite expensive, below are suggestions for assembling a UAV from the available components.

As the basis applied X-shaped scheme based on the finished frame. The frame is national team, the basis is cloth-based laminate and the rays are plastic. The scattering of the rays is 500 mm. This frame size is optimal in terms of the ratio of mass and carrying capacity of the device.

As a flight controller, it is proposed to use ArduPilotMega (APM) 2.6. This controller allows the implementation of various flight modes. MissionPlanner software can be used to build patrol routes.



Yurino village is located in the Kimry district of the Tver region. Surrounded by forests and marshes. Water supply is define by several ponds of artificial origin with not equipped accesses for fire equipment. The nearest equipped reservoir is located in the village Teplinovo about 3 km.

From the west and northeast there is the threat of forest fires, from the north of peat.

In the north, old turfary are located, which in the event of a fire represent a real threat to the settlement.

With the help of Mission Planer, a flight task was created for monitoring and collecting information on turfary. The height of the flight is 50 meters, to create a panoramic survey, the height increases to 150–200 meters (Fig. 8–11).

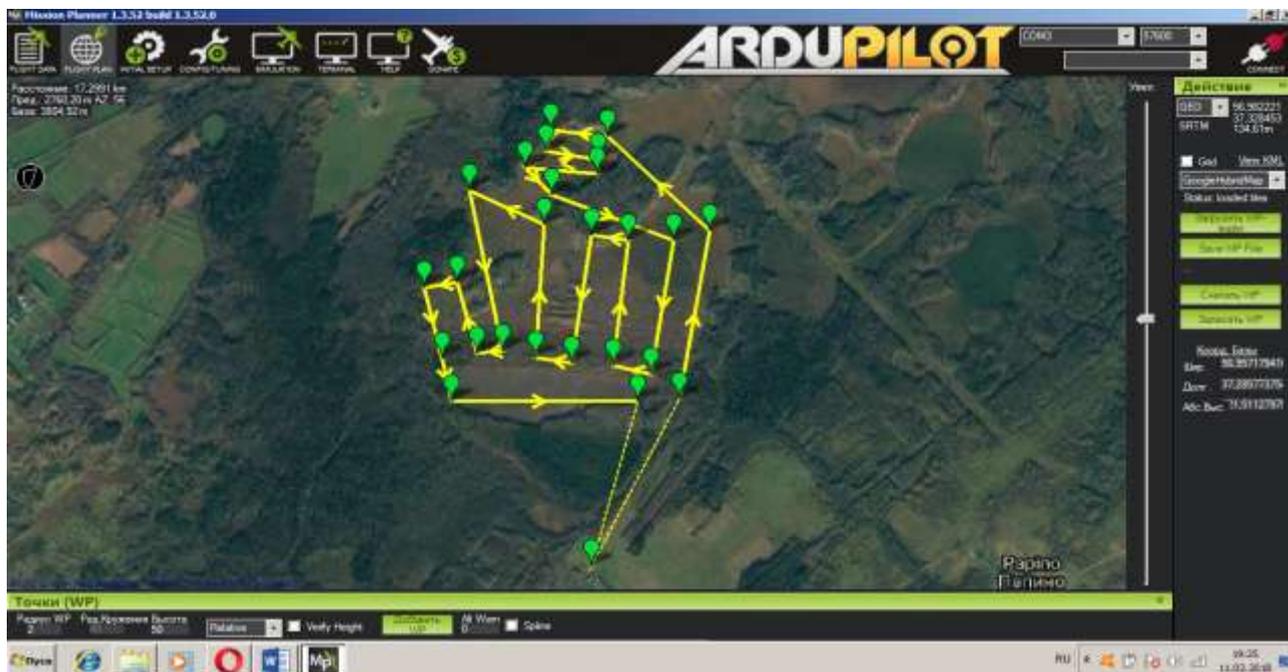


Fig. 8. Creation of a mission plan for the survey of the old turfary area near the village of Yurino, Kimrsky District



Fig. 9. Creation of a mission plan for the survey of the swamp «Clean Moss» near the village of Yurino, Kimrsky district (first stage of the survey)



Fig. 10. Creation of a mission plan for the survey of the swamp «Clean Moss» near the village of Yurino, Kimrsky district (second stage of the survey)

The survey is carried out in several stages due to the limited life of the battery, ensuring maximum access to the swamp.

Fire safety monitoring in the village of Yurino, Kimrsky district



Fig. 11. Fire safety monitoring in the village of Yurino, Kimrsky district

The use of modular technical systems allows not only to save money when purchasing fire equipment, but also to effectively carry out activities for the reconnaissance and extinguishing of fires in settlement and adjacent territories. Also, these complexes can be used to conduct surveys of territories.

## References

1. The user manual Stells 600 ATV.
2. Operating instruction Mission\_Planner [http://multicopterwiki.ru/index.php/Mission\\_Planner](http://multicopterwiki.ru/index.php/Mission_Planner).

# **THE USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES FOR THE MANAGEMENT OF EXTINGUISHING FIRES AND CONDUCTING RESCUE OPERATIONS**

**S.V. Ilnitsky; P.V. Efremov.**

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

**Boyan Richi. Emergency Sector of the Republic of Serbia**

This article describes the international experience of using unmanned aerial vehicles to guide fire fighting and rescue operations. The aspects related to management decisions based on the data obtained as a result of the use of unmanned aerial vehicles in the emergency zone are considered in more detail.

*Keywords:* fire, emergency situation, unmanned aerial vehicle, management decision

In today's world, almost all spheres of public life are characterized by the use of new technical developments that can simplify the activities of various services and departments, including emergency services. Speaking of emergency services, of course, it is necessary to clarify that the emphasis is on fire and rescue units. Firefighters and rescuers in all countries, regardless of their technical equipment, are trying to adopt new technical developments that effectively help to fight fires and eliminate the consequences of emergencies. One of such modern directions of introduction of new technologies and developments is the use of unmanned aerial vehicles in the emergency zone by the personnel of fire and rescue units.

At the same time, it is impossible to mention any particular country that could stand out for its special experience in this matter. At the moment, all countries of all continents, where emergency services and agencies are developed, are trying to update their fleet of unmanned aircraft, buying new aircraft that can be used directly in the emergency zone. I would like to highlight all the countries of the European Union, the United States of America, Canada, Israel, China and a number of countries in the Middle East, which include the United Arab Emirates, where unmanned aerial vehicles are used most actively. From the EU countries can also be identified Germany, France, Switzerland, Sweden and Finland, as firefighters and rescuers of these countries most effectively use unmanned aerial vehicles and also actively share their experience with foreign partners around the world. It should not also be excluded from the list and fire and rescue units of the Russian Federation, namely the forces and means of EMERCOM of Russia. It is in the EMERCOM of Russia that ninety percent of all unmanned aerial vehicles that are used in the emergency zone are in service.

On the basis of international and Russian experience with the use of unmanned aerial vehicles, it is possible to identify the main types of emergency situations of natural and technogenic character, in which you can use them:

- Forest fires;
- Natural disasters;
- Fires at large industrial facilities;
- Large road-traffic accidents;
- Fires and accidents in hard-to-reach area and remote regions.

As a rule, unmanned aerial vehicles are used to perform reconnaissance work, collect information and transmit it to the managerial personnel, which is responsible for carrying out firefighting or rescue operations. This is a very important aspect, as it should be understood that at this stage of technical progress, all unmanned aerial vehicles can't independently extinguish fires or carry out any types of rescue operations, although research and development in this direction is also actively conducted. It is possible that in the near future there will be more multifunctional devices for a range of tasks, but so far widely distributed devices that collect and transmit information to the managerial personnel.

There is an international definition that applies to all unmanned aerial vehicles, regardless of the country where it is used. An unmanned aerial vehicle is an aircraft that performs flight without a pilot (crew) on Board and is controlled in flight automatically by the operator from the control point or by a combination of these methods. Classified according to the following technical characteristics:

1. By control type:

- Automatic control;
- By operator's control from control point;
- Mixed control;

2. Maximum takeoff weight:

- Air code of the Russian Federation requires registration of UAV weighing more than 30 kg;
- The U.S. Federal aviation administration requires the registration of UAVs weighing more than 0,55 pounds (250 g), and establishes a special procedure for obtaining permits for the use of UAVs weighing more than 55 pounds (25 kg).

3. As intended:

- Reconnaissance;
- Attack (able to fire at the enemy on their own).

With regard to the appointment, namely the attack, it should be noted that they are used only by the armed forces of various countries, and in emergency zones are used only intelligence, standing on the arms of fire and rescue units. Based on the purpose, we can also distinguish two large groups of unmanned aerial vehicles:

- Military;
- Civil (these include all devices that are in service of fire and rescue units).

Israel is a leader in technological developments in the field of unmanned aerial vehicles and one of the largest manufacturers along with the United States, China and Canada. Between 1985 and 2018, 60.7 % of all exported unmanned aircraft in the world were produced in Israel. In second place – the United States, which supplied 23.9 % of all drones exported during this period. In third place – Canada (6.4 %). Major manufacturers of unmanned aerial vehicles in Israel are «Israel Aerospace Industries», «Elbit Systems» and «Rafael». The products of the above-mentioned countries became the basis for the introduction of unmanned aerial vehicles and their subsequent use in emergency services around the world.

In order to make the most correct and effective management decisions during the suppression of major fires or the elimination of accidents and emergencies, it is necessary to have a clear picture of what happened in the emergency zone and what threats remain. For this purpose, it is necessary to have full information about the situation in the emergency zone.

In management in the area of emergency situations of natural or man-made, as well as extinguishing a large fire are guided by the following principles of choosing the decisive direction of fire extinguishing or emergency response:

1. If there is a threat to lives and health of people, all the forces and means are directed to save people;

2. If there is a threat of explosion, collapse of structures or any emergency, chemical, biological or radioactive radiation, forces and means must be directed to prevent a possible dangerous situation;

3. If there is a threat of fire spreading, forces and means are directed to the adjacent premises of the object covered by fire to prevent the spread of fire;

4. If there is a threat of fire spread to nearby buildings and structures to the object covered by fire, forces and means are directed to prevent the spread of fire;

5. In cases where the described situations do not occur, the forces and means are sent to extinguish the fires in the places of the most intense burning or to conduct priority rescue operations.

Depending on the legal and regulatory documents of the emergency services and agencies of different countries, the above-mentioned principles may be interpreted in different ways, but

the essence of an effective management decision, on the basis of which the leadership in the emergency zone is carried out, is the same for all countries.

When large fires are extinguished or emergency situations are eliminated, a headquarters is established, in which senior officials are responsible for the overall management of all units and General control. If there is a need to make some decision related to the organization of combat units, but for a full understanding of what is happening, there is not enough so-called «Picture from above», it may be decided to use unmanned aerial vehicles to collect information. As a rule, the control point is located either in the headquarters itself, or not at a very great distance from it, so that the head could get information one of the first.



**Fig. 1. Remote control of the unmanned aerial vehicle near the conditional headquarters of emergency response**

All unmanned aerial vehicles, which are in service with fire and rescue units, are equipped with video cameras of various resolutions and transmitters that allow transferring data from the camera to the control point. Some devices are also installed to monitor the temperature distribution of the investigated surface (thermal imagers), which allow you to find hidden fires from above or to assess the areas of the most intense combustion. Getting information about the dynamics of the fire, its direction and intensity, the head can take a more effective management decision on the organization of fire and rescue units. Also, unmanned aerial vehicles can be used to assess the situation in cases of chemical, biological or radiation accidents, and on the basis of the data obtained to make a possible forecast of negative consequences.



**Fig. 2. Preparing unmanned aircraft of the type for reconnaissance forest fire**

At the moment, the effectiveness of the use of unmanned aerial vehicles to perform the tasks of emergency services and departments has already been proven, and no one even asks whether it is necessary to introduce such experience or not. In all countries, firefighters and rescuers are trying to find more effective ways to obtain data from the emergency zone, and it should be recognized that at the moment the use of unmanned aerial vehicles is the most practical and effective way.

### **References**

1. About the approval of Federal rules of use of airspace of the Russian Federation: Order of the Government of the Russian Federation of 11.03.2010. № 138.
2. Unmanned Aircraft Systems UAVS Design, Development and Deployment. John Wiley and Sons, 2010. 365 p. ISBN 9780470058190.



---

---

## LIFE SAFETY

---

---

### EVALUATION OF THE TOXICITY OF COMBUSTION PRODUCTS OF POLYMERIC COMPONENT OF THE FIRE LOAD

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

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

The article investigates the factors affecting the toxicity of the combustion products of the polymer component of the fire load. The mechanism of influence of toxic combustion products on the human body is analyzed. The influence of flame retardants on the toxicity of fire load combustion products was evaluated. Physical and chemical methods and the main components of polymer combustion products are analyzed. The composition of pyrolysis products of polyvinyl chloride and polystyrene is presented.

*Keywords:* toxicity of combustion products; combustion of polymeric materials; pyrolysis; flame retardants; gas chromatography; photoelectrocolorimetry

The nature of hazards for personnel and personnel of fire departments in a fire is determined by the action of several main factors: the impact of high temperature on the human body, the smoke of space and the presence of toxic components in the combustion products. These circumstances remain the main causes of death in a fire from time immemorial to the present day. At the same time, there are certain trends: if earlier the main damaging factor was burns, which killed more than 60 % of the victims in the fire, at the moment their share has decreased to 20–15 %, while the number of poisoning toxic components of combustion products reaches in some cases up to 70–80 % of the total number of deaths, which most researchers due to the widespread use in all sectors of production, construction and everyday life of various polymeric materials [1].

On the fire in a modern building, designed on the basis of the use of polymer and synthetic thermal insulation and finishing materials, people are exposed to toxic components contained in combustion products. The combustion products may contain up to 50–100 different types of chemical compounds that can have a toxic effect on human organisms. So, in the process of burning linoleum coating is the release of hydrogen sulfide and sulfur dioxide, during the combustion of upholstered furniture, which provides for the use of polyurethane foam, there is a release of hydrogen cyanide and carbon monoxide, and during the combustion of nylon fabrics is hydrogen cyanide. However, the main cause of death in the fire remains carbon monoxide poisoning (carbon monoxide – CO), which can reach 18–25 % of the total number of incidents of intoxication causing death [2].

The combustion process of polymeric materials refers to complex physical and chemical processes, which includes destruction, cross linking and carbonation of polymer chains of the condensed phase, as well as chemical reactions of transformation and oxidation of products in the gas phase, which are accompanied by physical processes of mass and heat transfer.

Carbon monoxide has no color, smell and, having a close density compared to air (0,96), has a greater volatility. Carbon monoxide is dangerous for the human body because it is 200–300 times more intense penetrates into the hemoglobin of the blood compared to oxygen, and this causes a loss of the ability to supply the human body with oxygen from the red blood cells (red blood cells), due to the affinity of carbon monoxide with hemoglobin. This explains the effect, in which inhalation for 2–3 minutes of air, which contains at least 1 % CO, about half of the blood hemoglobin, carrying oxygen, is converted into carboxyhemoglobin. Carboxyhemoglobin cannot carry oxygen, and in the human body increases oxygen deficiency. There comes oxygen starvation, tissue hypoxia, lost the ability to reason, a person becomes indifferent and indifferent, does not seek

to avoid danger, there is a numbness, dizziness begins, depression occurs, there are violations in the coordination of movement, and respiratory arrest should be fatal. The lethal outcome can also occur in the process of breathing air, which contains only 0,3–0,5 % of carbon monoxide, even if in the subsequent full medical care was provided. A significant proportion of deaths is due primarily to the fact that the process of reverse decomposition of carboxyhemoglobin is significantly slower compared to the process of formation. There is evidence that the period of decrease in the concentration of carboxyhemoglobin in the blood during inhalation of atmospheric air, depending on the conditions can reach up to 320 minutes. [3]

A special danger in the fire are polymeric materials. Various polymeric materials, as well as products manufactured by their use, are classified as flammable and flammable. P. 2 GOST 12.1.044–89 (hereinafter GOST) [4] defines the fire and explosion hazard of substances and materials as a set of properties that characterize their ability to arise and spread the combustion process, as a result of which, depending on the speed and conditions of flow, a fire (diffusion combustion) or explosion (deflagration combustion of a pre-mixed mixture of fuel with an oxidizer) can occur. Polymers also meet the condition set out in paragraph 2.1.2 of GOST, i.e. can be qualified as materials that have the ability to ignite under the influence of the ignition source and continue to burn independently after its subsequent removal.

Polymer materials make up a significant part of the fire load during the combustion of electric cables. Combustion of electric cables is accompanied by the release of a significant amount of heat, which is determined by the specific heat of combustion of insulation materials, cable sheaths and the mass of these materials contained in the unit length of the cable. As shown by experiments on the combustion of cable flows in a cable tunnel, the temperature in the combustion zone of cables with polyethylene insulation or paper-impregnated insulation reaches 1000–1200 °C. At the same time, there is a significant amount of black smoke and other gaseous products, which leads to reduced visibility and complicates the actions of personnel to extinguish the fire and evacuate people.

In the process of destruction and combustion of cable shells, as well as polymer insulation materials, there is a release of substances in the gaseous state, mainly Halogens (chlorine, bromine, fluorine), as well as sulfur dioxide and other substances that, when combined with water vapor, make alkaline or acidic solutions and have the ability to initiate corrosion processes in metal structures and corrosion damage to electronic equipment. Despite the fact that the presence of corrosion activity of combustion products does not directly affect the course of the fire, it is desirable to take this factor into account when designing cables, since the corrosion effect on metal structures and equipment causes additional damage from the fire, which in some cases significantly exceeds the cost of burnt cables.

The Flammability characteristic of many polymers, especially for materials with a high carbon content, implies that special safety measures are necessary when using these materials in situations where there is a potential risk of ignition. The most cost-effective way to increase the fire safety of many polymers is the introduction of such a material in the process of processing a certain component that slows down combustion, the so-called flame retardant [5].

The most common components that can slow down the combustion of polymeric materials and which are currently used include halogen-containing compounds (for example, phosphorus, nitrogen), as well as a number of inorganic compounds.

It is possible to carry out a conditional division of existing flame retardants into certain groups, namely:

- inorganic flame retardants based on aluminum hydroxide, magnesium hydroxide, ammonium polyphosphate, red phosphorus and some others;
- halogen-containing flame retardants such as chlorine and bromine;
- flame retardants based on organophosphorus compounds;
- flame retardants based on nitrogen-containing compounds.

For many polymers, flame retardants are selected, which, when introduced into the composition of the substance, make it possible to initiate the greatest effect on reducing

Flammability. The use of such systems of flame retardants can mainly prevent or suppress combustion processes through physical or chemical interaction in the gas or condensed phase. Table 1 shows the most popular flame retardants for a number of long polymers [5].

Table 1. **Commonly used flame retardants**

Polymer	Name	Recommended concentration, %
Polyethylene	Decabromodiphenyl oxide	21
Polypropylene	Tetrabrombisphenol-A	6–15
Polyvinylchloride	Aluminum oxide trihydrate	60
Polyamide	Aluminum polyphosphate	13
Epoxy resin	Tetrabrombisphenol-A	18

It follows from table 1 that a significant proportion are flame retardants based on aluminum hydroxide and halogen-containing compounds.

The most applicable are halogen-containing flame retardants, since the existing halogen-containing compounds are combustion inhibitors. The effectiveness of halogen-containing flame retardants increases in a number of  $F < Cl < Br < I$ . The most commonly used in the role of flame retardants bromine and chlorine-containing compounds, as they give the optimal price/quality ratio.

It should be noted that chlorine-containing flame retardants released chlorine in a wide temperature range, so the chlorine content in the gas phase is relatively small, and flame retardants containing bromine, decomposition occurs in a fairly narrow temperature range. Fluor- and iodine-containing compounds are not used as flame retardants, since fluorine-containing compounds are ineffective, and iodine-containing compounds have low thermal stability during processing.

Chlorine-containing flame retardants contain a significant amount of chlorine, which is manifested mainly in the gas phase. In addition, this type of flame retardants has high light stability at low cost, but involves the introduction of polymer materials in significant concentrations to ensure the required class of fire safety. Used mainly several types of chlorine-containing flame retardants: chlorinated alkyl phosphates, chlorinated paraffin, as well as chlorinated cycloaliphatic hydrocarbons. Under normal conditions, flame retardants of this class have a relatively low toxicity and mild local irritant.

In the course of experimental studies, it was found that the specificity of the manifestation of chemical processes in the flame exists in the form of the presence of a complex-spatial distribution of the temperature of combustion products. In addition, the same complex spatial distribution is necessary to describe the concentrations of the source and intermediate substances and the products formed during combustion. Also, for most materials made on the basis of polymer compositions, during their combustion, a huge number of different decomposition products are characteristic, both in the condensed and in the pre-flame, gas region [6]. All this significantly complicates the measurement and the formation of theoretical positions describing the combustion processes of polymers, which would reflect the specifics of the analyzed systems. However, the results of scientific research have allowed not only to establish some General qualitative patterns, but also to offer analytical, experimental and computational and analytical methods for assessing the toxicity of combustion products of materials, which since the end of the last century entered into national and international standards. The physical and chemical methods used are summarized in table 2.

Modeling of the combustion process of polymeric materials involves in accordance with the requirements of GOST 12.1.044-89 using a special installation for testing the toxicity of combustion products [7]. For the pyrolysis process, it is necessary to use a furnace-type reactor with a constant heating mode, in the pyrolysis zone the required temperature is maintained constant by heating from the outside. The sample under study, which is initially at room temperature, is loaded by means of a special device into the pyrolysis zone, preheated to the required temperature.

Table 2. **Physico-chemical methods and main determinants components**

Method of determination	Defined components
Gas chromatography using different detectors.	Hydrocarbons limit and unsaturated hydrocarbons, aromatic thoriated hydrocarbons alcohols, aldehydes, ketones
Photoelectrocolorimetry	Ammonia, nitric oxide, acrolein, acetic aldehyde, hydrogen chloride, hydrogen cyanide, acetic acid phosgen, chlorine, formaldehyde, phenol, carbon oxide, ozone
Express method	Carbon monoxide, hydrogen cyanide, oxygen
Spectrophotometry	Carboxyhemoglobin, methemoglobin
Atomic absorption and atomic emission spectrometry	Lead, mercury, cadmium, tin, zinc, arsenic

The pyrolysis process is carried out in a horizontally located electric furnace, inside which a tubular reactor is located. The highest temperature inside such a reactor reaches the limits of 900–1000 °C. Inside there is a lock device that can supply a sample placed in a container having the shape of a boat, which makes it possible to remove such a container from the space of the Pyrolyzer without stopping the gas flow. The temperature inside the furnace can vary in the range of 100–1000 °C with an error of temperature stabilization in the range of  $\pm 5$  °C. PAROLES is held at certain temperatures oven: 200 OS 400 OS 600 OS. Nitrogen is usually used as a carrier gas. Duration of pyrolysis process is usually set experimentally in the range of 10–30 min of Sample material samples are selected in the range 0,04–0,08 g of Volatile products formed can be identified using the methods of gas chromatography. Example hardware may be domestic gas chromatographs «Cristallux-2000» or «Cristallux-4000» equipped with a module of detectors, such as DIP, ECD or PF. In this case, the process of separation of pyrolysis products is based on the use of chromatographic columns.

The results of the measurements presented in [8] show that for the pyrolysis temperature of 200 °C in a nitrogen atmosphere, the mass reduction for materials made of polyvinide chloride (PCV) over a time period of 30 minutes was in the range of 0,8–3,6 %. The main products, which are formed as a result of pyrolysis, in this situation becomes the hydrogen chloride fraction and phthalate plasticizers, diffusing from the heated polymer. If the temperature exceeds the value of 400 °C, the main results of the pyrolysis of PCV materials are aliphatic hydrocarbons, as well as benzene and materials characteristic of the matrix PCV and phthalate plasticizers, which is confirmed by the results of the experiment in pyrolysis of plasticized PCV materials. The results of the experiment during the chromatographic analysis of the composition of pyrolysis products of PCV materials at a temperature of 400 °C are shown in table 3.

Table 3. **Composition of PVC pyrolysis products at 400 °C**

The weight of the portion, gr	Mass loss, %	Content, %			
		Aliphatic compounds	Benzene	Aromatic hydrocarbon	Gallic hydrocarbons
0,052	39,7	35,4	20,57	22,38	6,77
0,082	41,4	36,51	21,51	24,52	6,53
0,043	43,8	38,35	19,53	18,95	9,18
0,072	43,4	8,47	65,29	1,42	19,45
0,064	42,6	7,56	65,6,4	1,31	12,88
0,065	47,8	13,19	60,98	1,68	14,15
0,056	52,7	14,12	10,10	1,52	37,72
0,062	57,5	10,48	10,99	1,25	42,43
0,052	53,1	9,49	8,18	1,03	45,91
0,055	49,1	54,22	8,11	0,83	19,75

The data given in table 3 suggest that at fixed temperatures, in addition to the process of destruction of the polymer material, a certain process of resynthesis of the reaction product occurs with the release of aromatic and aliphatic hydrocarbons. In this case, polymers with multiple bonds are formed to a small extent, since such processes become non-reactive and under the action of a hydrogen chloride medium, organochlorine compounds are mainly synthesized.

When exceeding the temperature value of 600 °C, the destruction processes occur with greater intensity in comparison with the temperature of 400 °C, while the number of synthesized compounds and the concentration of formed organochlorine compounds decreases, but the concentration of synthesized benzene, aliphatic hydrocarbons and hydrogen chloride increases.

During the modeling of the combustion process of materials made on the basis of polystyrene in the installation for the study of toxicity of combustion products are different combustion products. The test results of such materials are presented in table 4 [9]:

Table 4. Content of components of combustion products polystyrene materials at 400 °C

№ material's	Content of components											
	Aliphatic hydrocarbon	Benzene	Toluene	Xylene	Styrene	Pseudotumor	Methanol	Propanol	Butanol	Acetone	Formaldehyde	Methacrylate
1	7,4	1,97	1,27	1,08	76,7	1,14	0,10	0,03	0,69	0,70	2,70	0,19
2	3,55	1,03	2,76	17,0	57,8	11,2	0,06	–	–	0,12	–	–
3	2,87	2,81	1,44	8,06	64,4	4,92	0,09	0,47	0,05	0,44	0,01	0,02
4	4,32	7,52	0,75	0,31	75,1	1,08	–	–	–	0,41	–	–

1 – thermal insulation system «Cerezit»

2 – thermal sound insulation material «Polifoam»

3 – extrusion polystyrene foam

4 – products cement-polystyrene with filler «POLITERM»

When pyrolysis of polystyrene plastics in the temperature range 200–400 °C the main product is styrene. When heating up to 750 °C can form a range of degradation products of polystyrene, mainly such products are aromatic hydrocarbons. The amount of monomer styrene in the combustion products of polystyrene materials also increases with increasing fire temperature.

Thus:

1. The toxicity of PVC combustion products is mainly due to the presence of carbon monoxide and hydrogen chloride.

2. In the combustion products of polystyrene both at the initial stage of the fire (400 °C), and during its development (700 °C) there is monomer styrene, as well as aromatic hydrocarbons, the presence of which must be taken into account when designing the smoke removal system.

## References

1. Savolainen H., Kirchner N. Toxicological mechanisms of smoke exposure in case of fire // Internet journal of disaster medicine (TheInternetJournalofRescueandDisastermedicine) 1998. Vol. 1 № 1.

2. Sarmanaev S. H. I. V. A., Mule, P. G., K. A. Sarbasov Toxic-chemical destruction of the fire // the online resource www.medline.ru, volume 16, Toxicology, 16.03.2015.

3. The proposed non toksichnost Gorna polimernih products and materials. Metodichesky MV 8.8.2.4-127-2006. Vidana oftime / Ed.: L.M. Shafran, D.P. Timoshina, O.I. Kharchenko. K.: DMP «Polimed», 2006. 128 p.

4. GOST 12.1044-89 OCCUPATIONAL SAFETY STANDARDS. Fire and explosion safety of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods of their determination. M.: Ed. «Standards», 1985.

5. Leonova D.I. the Role of flame retardants in the toxicity of combustion products of polymeric materials // Journal «Actual problems of transport medicine». 2010. № 3 (21). P. 121–125.

6. Smoke protection of buildings and premises: Allowance 4.91 to SNiP 2.04.05-91. M.: Promstroyproekt, 1992. 75 p.

7. Crompton T. Analysis of plastics: Per. with English. M.: «World», 1988. 679 p.

8. Berdonosov R.S., Tskhovrebov, M.G., Lysov A.R. Metodichesky toxicity products gorelectroseti materials // Scientific-methodical electronic journal «Concept». 2016. Vol. 2. P. 266–270. URL: <http://e-koncept.ru/2016/46067.htm>.

9. Mikhailin Yu. a. Indicators of fire resistance of polymeric materials and methods of their determination // Scientific journal «Polymeric materials». 2011. № 7. P. 26–31.



---

---

## DIALOGUES WITH SPECIALISTS

---

---

### **PUBLIC-PRIVATE PARTNERSHIP AS A FACTOR OF ECONOMIC SECURITY OF RUSSIA**

**V.A. Shchelakova; A.B. Salmanov.**

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

The experience of using forms and models of public-private partnership in foreign countries and the possibility of their application in Russia are studied. The classification of forms of public-private partnership used in Russia and presented in domestic studies is analyzed. Based on the analysis of the world practice of public-private partnership projects, it is proved that their most promising form for the development of transport infrastructure is contract forms.

*Keywords:* public-private partnership, models of public-private partnership, classification of forms of public-private partnership, contract forms of public-private partnership, financing mechanism of transport infrastructure

Public-private partnership some economists – researchers formulate as forms of participation of business structures in the solution of problems of the state scale, thus carried out mainly at the expense of budgetary funds. Of course, such a narrow interpretation of public-private partnership is not quite correct, although not groundless. After all, as the practice of implementing public-private partnership projects shows, Russian business often attracts in such a partnership only the possibility of using budgetary funds, which, of course, can not but affect the quality of the implementation of these projects.

In this regard, other approaches to the interpretation of the concept of public-private partnership, which may include other forms of resource allocation of partnership participants, also require analysis.

Willisov M.V. [2] defines public-private partnership as a legally formalized for a certain period mutually beneficial cooperation of bodies and organizations of public power and private business entities in relation to objects in the sphere of direct public interest and control, involving the distribution of risks between partners, carried out for the most effective implementation of projects of important public and public importance.

Source: compiled by the authors.

Varnavsky V.G. [1] gives the following definition: «Public-private partnership is an institutional and organizational Alliance between the state and business (business structures), aimed at achieving common economic goals, to solve urgent social and economic problems».

Public-private partnership provides the investor not only attractiveness, but also safety of investment in the investment project. At the same time, the state has the opportunity to develop a strategically important area in which the project is implemented.

At the same time, both partners benefit from participation in joint projects, receiving certain advantages (fig. 1).

In the system of partnership, the state plays the role of initiator and guarantor. Fig. 2 and 3 present possible forms of public sector participation and support for partnerships, as well as forms of business participation.

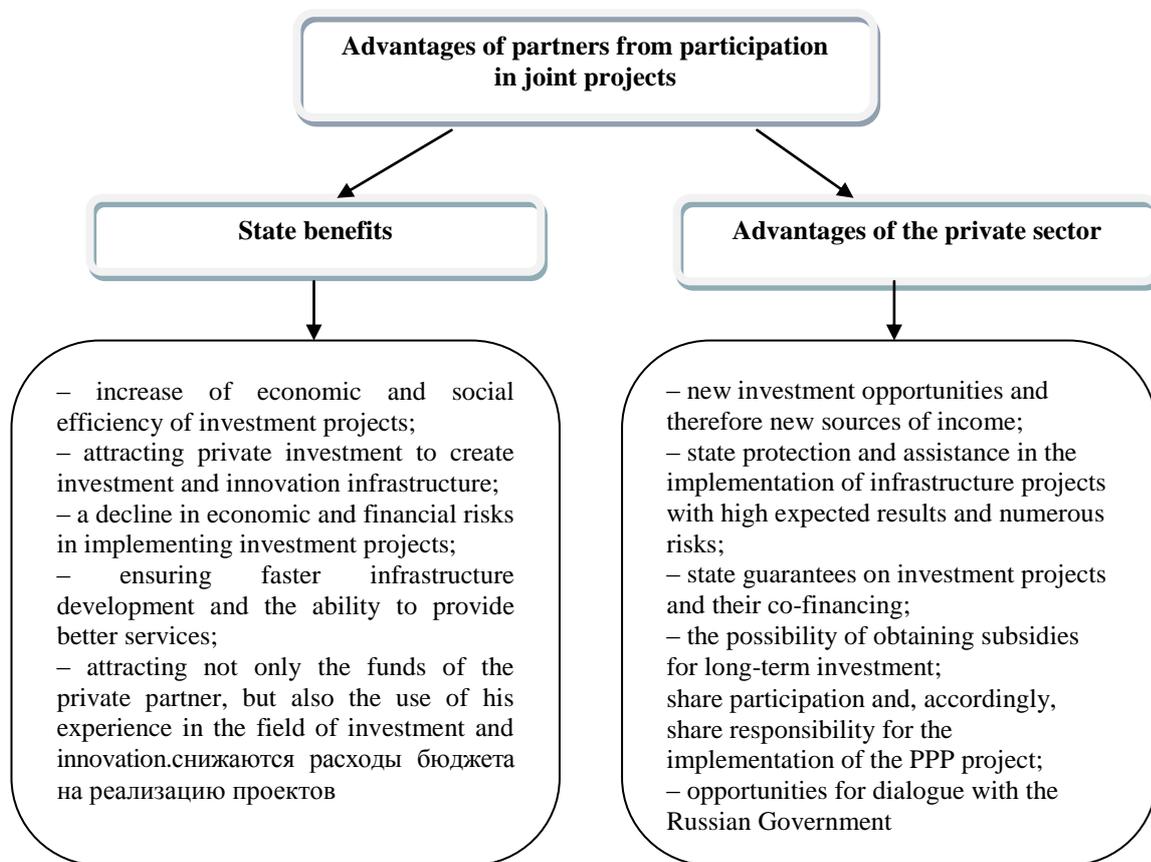


Fig. 1. Advantages of partners from participation in joint projects

Form of state participation in support for public-private partnerships:

- direct budget financing;
- the state trust loans and bonds;
- budgetary subsidies and loans to date valuable interest rates on commercial credit;
- the granting of a social tax credit and tax benefits;
- state investment insurance;
- preparation of comfortable inclusion in the Federal target;
- program of inclusion in the Federal targeted;
- investment program of state guarantees;
- subsidizing interest rates on commercial loans;
- inclusion in the Federal targeted investment program.

Forms of private sector participation in public-private partnerships:

- the delivery of goods for state needs;
- civil contracts for works and technical services;
- contracts of technical assistance;
- management contract, leasing;
- concept and the partnership of the type of construction management;
- tenure compatible with the enterprise given by the state in the share of private capital;
- concession type of construction, own, operate, transfer;
- concession type design;
- the partnership-type construction-management domains;
- sub-contract.

In order to improve the mechanisms of financing public-private partnership projects in the Russian Federation, it is necessary to conduct research on financial models of public-private partnership in foreign countries.

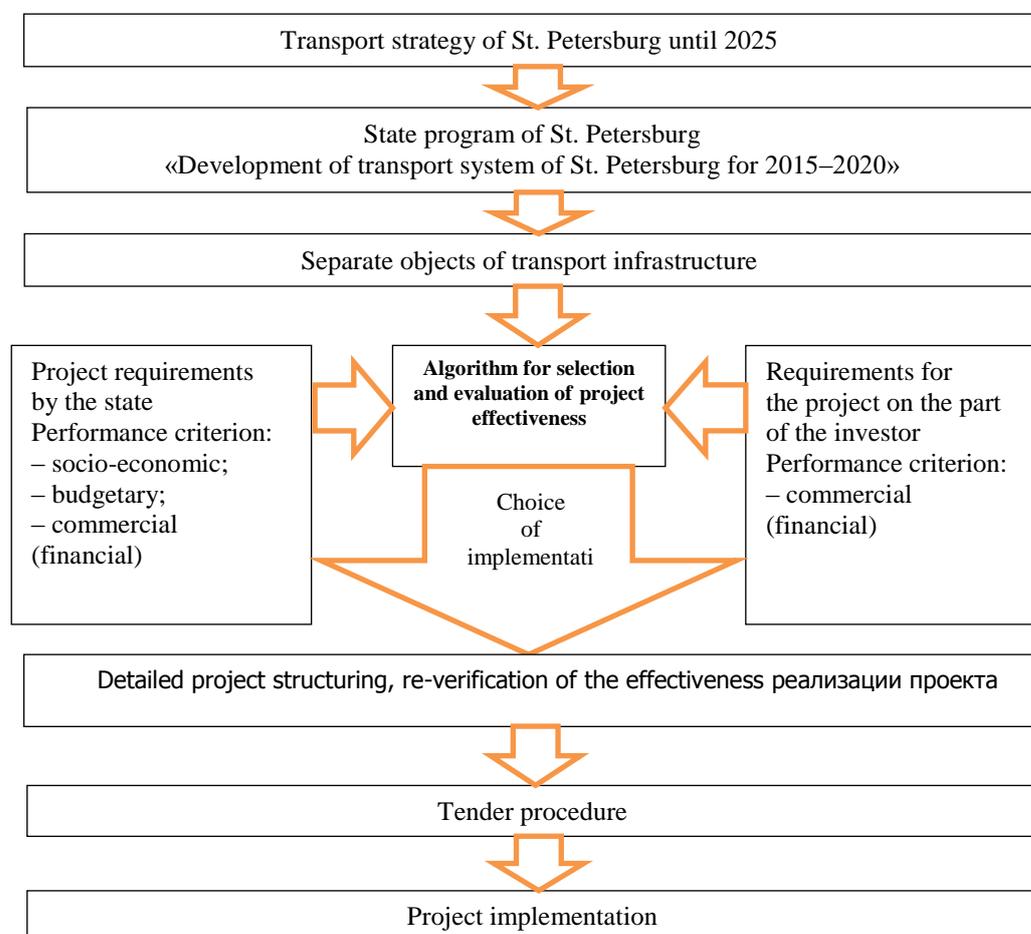
Yescombe E. in their study proposes the following classification of forms of public-private partnerships for infrastructure development (fig. 2) [3].

The analysis of the world practice of application of various forms of public-private partnership allowed Russian researchers to offer a wide range of forms of public-private partnership depending on the selected criteria of classification and the degree of detail.

	Public projects			Private projects		
	Public-private partnership					
Type of contract	State order	Franchise	DBFO	BTO	BOT	BOO
Construction	State	State	Private	Private	Private	Private
Operation	State	State	Private	Private	Private	Private
Property	State	State	State	Private, at construction, further – the state	Private, at construction, further – the state	Quotient
Who pays	State	User	State or user	State or user	State or user	Private, state or user
Who pays	–	Private	Private	Private	Private	Private

**Fig. 2. Classification of public-private partnerships for infrastructure development**

Source: based on Yescombe, E.R. *Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance* // Butterworth-Heinemann/Elsevier, Oxford, UK 2014, P.12, перевод с англ. авторов



**Fig. 3. Evaluation of the effectiveness of investment projects on the example of transport infrastructure of Saint-Petersburg**

The main problems that have developed in the field of interaction between the state and business in the implementation of projects created on the principles of public-private partnership.

Problems of inefficient interaction between the state and business in the implementation of projects created on the principles of public-private partnership:

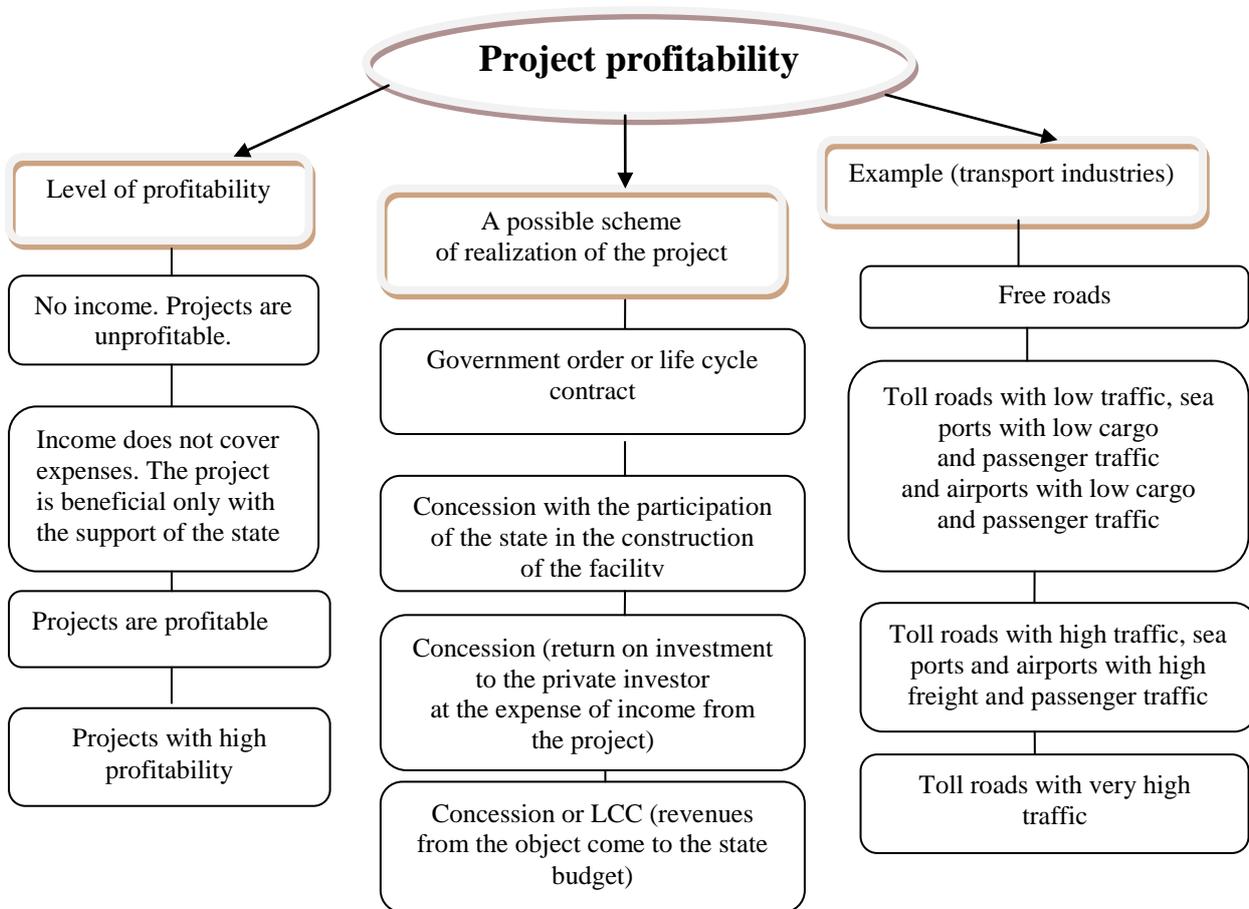
- limited scope of opportunities, unequal status of partners;
- lack of a strong regulatory framework for the interaction of the parties;
- lack of project management, leading to inefficiency in the development of funds;
- lack of state participation in decision-making at the stage of operation of projects;
- lack of competition between projects.

When choosing options for implementing a large infrastructure project at the expense of budgetary funds, it is necessary to conduct a comparative assessment of the economic efficiency of the results:

- traditional version of the project – public procurement;
- alternative implementation of the project – public-private partnership.

We will consider the assessment of the efficiency of investment projects on the example of transport infrastructure of St. Petersburg (fig. 3).

The investment project (on the example of an infrastructure project) can be implemented on the basis of a comprehensive contract that combines several stages of the life cycle of the object, both with the involvement of private investors, and without extra-budgetary financing.



**Fig. 4. Shows the possible options for the implementation of the investment project for the development of transport infrastructure, depending on its profitability**

In the first case, the payment under the contract takes into account the cost of the attracted financing, i.e. compensates private investors for their expenses for the implementation of the infrastructure project.

The second option does not involve compensation by the state for the cost of financial resources and reimbursement of investment costs.

**References**

1. Varnavsky V.G. Public-private partnership: some questions of theory and practice // World economy and international relations. 2014. № 9. P. 41–50.
2. Vilisov M.V. Public-private partnership: political and legal aspect // Power. 2014. № 7. P. 11–13.
3. Yescombe E.R. Public-Private Partnerships: Principles of Policy and Finance // Butterworth-Heinemann / Elsevier. Oxford. UK. 2014. 369 p.



## INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Voitenok Andrey Victorovich** – Director of GM-City (sales of auto parts and car service) (Moscow, Ozernaya st. 46, bldg. 2, page 2);

**Voitenok Oleg Victorovich** – Chief of the department of supervision activities Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Technical Sciences;

**Voronin Sergey Vladimirovich** – Associate Professor of the Department of Physical and Technical Basics of Fire Safety and representative of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Technical Sciences, Assistant professor;

**Efremov P.V.** – Cadet of faculty of engineering Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149);

**Ilnitskiy Sergei Vladimirovich** – Head of the group for training foreign citizens Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149);

**Kasaev Radik Adelihanovich** – Head of Department Scientific Research Institute of the prospects for research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149) Candidate of Technical Sciences;

**Kuzmin Anatoly Alekseevich** – Associate Professor of the Department of Physical and Technical Basics of Fire Safety of Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Pedagogical Sciences, Assistant professor;

**Kuzmina Tatiana Anatolyevna** – Associate Professor of the Department of supervision of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Pedagogical Sciences;

**Prinzeva Maria Yuryevna** – Deputy Head of Department Scientific Research Institute of the prospects for research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149) Candidate of Technical Sciences;

**Richi Boyan** – chief of the fire and rescue unit, Emergency Sector of the Republic of Serbia;

**Romanov Nikolai Nikolaevich** – Associate Professor of the Department of Physical and Technical Basics of Fire Safety of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Technical Sciences, Assistant professor;

**Salmanov Arzo Bakirovich** – Associate Professor of the Department of Economics and Law (I LS) of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Economic Sciences, Assistant professor;

**Skripnik Igor Leonidovich** – Professor of the Department of Fire Safety of Technological Processes and Representative of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Technical Sciences, Assistant professor;

**Cheshko Ilya Danilovich** – Leading Researcher of Scientific Research Institute of the prospects for research and innovative technologies in the field of life safety of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of the Russian Federation;

**Shchelakova Valentina Alekseevna** – Associate Professor of the Department of Economics and Law (ILS) of Saint-Petersburg university of State Fire Service of Emercom of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky pr., 149), Candidate of Economic Sciences, Assistant professor.

## SUMMARY OF INFORMATION

The oldest educational institute of fire and technical specialization was established in 1906 October 18<sup>th</sup>, when based on the decision of City Council of Saint-Petersburg courses of fire engineer started the work. Along with training of specialists the institute was responsible for correlation and systematization of fire and technical knowledges and creation of new special discipline. There were published first national textbooks which were used for all Russian firefighters training.

For Century University history more than 30000 specialists were trained which had higher professional level and unlimited loyalty to work of firefighters and oath loyalty. As result huge quantity of officers and graduates of the institute who got a higher reward from the country such as: knights of Saint George's Cross, four heroes of Soviet Union and one hero of Russian Federation. It is not accident that there are many graduates among head staff of fire service of our country.

Nowadays Saint-Petersburg University of State Fire Service of Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and the Rectification of the Consequences of Natural Disasters is modern scientific and educational complex integrated in world scientific and educational. The University provides studying of secondary and high, post graduates students, retraining of specialists more than for 30 staff categories using systems of classroom studying and distance.

Chief of the University – Lieutenant General Chizhikov Eduard Nikolayevich.

The main direction of activity of the university is training of specialists in the specialty «Fire safety», and at the same time training is organized for other specialties that are in demand in the EMERCOM system. They are specialists in the field of system analysis and management, higher mathematics, legislative support and legal regulation of EMERCOM of Russia, psychology of risk and emergency situations, budgetary accounting and audit in EMERCOM divisions, fire-technical expertise and inquiry. Innovative training programs included training specialists in the specialization «Managing of rescue operations of special risk» and «Carrying out emergency humanitarian operations» with knowledge of foreign languages, as well as training specialists for paramilitary mine-rescue units in the specialties «Mining» and «Technological safety and mine rescue».

The breadth of scientific interests, high professionalism, extensive experience in scientific and pedagogical activity, possession of modern methods of scientific research allow the university staff to multiply the scientific and scientific-pedagogical potential of the university, ensure continuity and succession of the educational process. Today, 1 Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, 5 Honored Scientists of the Russian Federation, 13 Honored Workers of the Higher School of the Russian Federation, 2 Honored Lawyers of the Russian Federation, Honored Inventors of the Russian Federation and the USSR transfer their knowledge and vast experience to the university. The preparation of highly qualified specialists is currently carried out at the University by 4 laureates of the Government of the Russian Federation Prize in the field of science and technology, 42 doctors of science, 228 candidates of sciences, 63 professors, 155 associate professors, 20 academicians of branch academies, 11 corresponding members of branch academies, 6 senior researchers, 8 Honored Workers of Higher Professional Education of the Russian Federation, 1 Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, 2 Honorary Radio Operators of the Russian Federation and 2 Honorary Workers of General Education of the Russian Federation.

University consists of:

- Institute for Advanced Professional Education;
- Institute of distance education;
- Institute of Life Safety.

Three faculties:

- Engineers;
- Economics and law;
- Training and retraining of scientific and pedagogical staff.

In the university are created:

- An educational center;
- Centre for Scientific Research Organization;
- Center for Information Technology and Systems;
- Educational and scientific center of engineering and technical expertise;
- Distance Learning Center;
- Expert Center;
- Industrial park of science and innovation;
- Center for international cooperation and information policy;
- Science and innovative technologies park.

The University has representations in the cities of Vyborg (Leningrad region), Petrozavodsk, Strezhevoy (Tomsk region), Khabarovsk, Syktyvkar, Burgas (Republic of Bulgaria), Almaty (Republic of Kazakhstan), Bar (Republic of Montenegro), Baku (Azerbaijan), Nis (Serbia), Sevastopol, Pyatigorsk.

At the university in 31 areas of training more than 8000 people studies. The annual class of graduates is more than 1550 specialists.

One dissertational council for defending dissertations for the academic degree of a doctor and candidate of science in technical sciences operates at the university. In order to improve scientific activity, 12 research laboratories have been established at the university.

Annually, the University conducts international scientific-practical conferences, seminars and round tables on a wide range of theoretical and applied scientific problems, including the development of a system for preventing, eliminating and reducing the consequences of natural and man-made emergencies, improving the organization of interaction between various administrative structures in conditions of extreme situations, etc.

Among them: the All-Russian Scientific and Practical Conference «Security Service in Russia: Experience, Problems and Perspectives», International Scientific and Practical Conference «Training of Personnel in the System of Prevention and Elimination of Consequences of Emergencies», Forum of the EMERCOM of Russia and public organizations «Society for Security», All-Russian Scientific and Practical Conference «The Arctic – the Territory of Security. Development of providing of complex security system for the Arctic zone of the Russian Federation».

On the basis of the university, joint scientific conferences and meetings were held by the Government of the Leningrad Region, the Federal Service of the Russian Federation for the Control of the Traffic of Drugs and Psychotropic Substances, the Scientific and Technical Council of the EMERCOM of Russia, the Northwest Regional Center of the EMERCOM of Russia, The International Technical Committee for the Prevention and Extinction of Fire (CTIF), Legislative Assembly of the Leningrad Region.

The University annually takes part in exhibitions organized by the EMERCOM of Russia and other departments. Traditionally, the University stands at the annual International exhibition «Integrated Security» and the International Forum «Security and Safety» SFITEX enjoys great interest.

Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia has been cooperating with the State Hermitage for several years in the field of innovative projects on fire safety of cultural heritage sites.

During the teaching of specialists in the University, advanced domestic and foreign experience is widely used. The university maintains close ties with the educational and research institutions and structural subdivisions of the fire and rescue profile of Azerbaijan, Belarus, Bulgaria, Great Britain, Germany, Kazakhstan, Canada, China, Korea, Serbia, Montenegro, Slovakia, USA, Ukraine, Finland, France, Estonia and other states.

The university is a member of the International Association of Fire and Rescue Services (CTIF), which unites more than 50 countries around the world.

In the framework of international activities, the university actively cooperates with international organizations in the field of security.

In cooperation with the International Civil Defense Organization (ICDO) Saint-Petersburg University of State Fire Service of EMERCOM of Russia organized and conducted seminars for foreign experts (from Moldova, Nigeria, Armenia, Sudan, Jordan, Bahrain, Azerbaijan,

Mongolia and other countries) for expert evaluation of fire, ensure the safety of oil facilities, the design of fire extinguishing systems. In addition, University staff participated in conferences and seminars conducted by ICDO in the territory of other countries. Nowadays five programs on technosphere safety in English have been developed for representatives of the ICDO.

One of the key directions of the University's work is participation in the scientific project of the Council of the Baltic Sea States (CBSS). The University participated in the project 14.3, namely in the direction C – «Macro-regional risk scenarios, analysis of hazards and gaps in the legislation» as a full-fledged partner. At present, work is underway to create a new joint project within the framework of the CBSS.

A lot of work is underway to attract foreign citizens to study. Representative offices have been opened in five foreign countries (Bulgaria, Montenegro, Kazakhstan, Azerbaijan, and Serbia).

Nowadays, more than 200 citizens from 8 foreign countries study at the university.

Cooperation agreements have been concluded with more than 20 foreign educational institutions, including the Higher Technical School in Novi Sad and the University of Nis (Serbia), the Fire Academy of Hamburg (Germany), the College of Fire and Rescue Service in Kuopio (Finland), Kokshetau Technical Institute of the EMERCOM of the Republic of Kazakhstan and many others. The training in Harvard University for university's representatives has been organized using training program for safety leaders qualification increasing.

In virtue of intergovernmental agreements, Ministries of Emergency Situations of the Kyrgyz Republic and the Republic of Kazakhstan staff is provided with a training at the university.

Over the years, the university has trained more than 1 000 specialists for fire protection in Afghanistan, Bulgaria, Hungary, Vietnam, Guinea-Bissau, Korea, Cuba, Mongolia, Yemen and other foreign countries.

The training under the program of additional professional education «Translator in the field of professional communication» was organized for students, cadets, adjuncts and employees.

The monthly information-analytical packet and analytical reviews on fire and rescue topics of the Center for international cooperation and information policy is published. University website is translated into English and constantly updated.

The University's computer park is more than 1400 units, united in a local network. Computer classes allow students to work in the international computer network Internet. With the help of the Internet, access to Russian and international information sites is provided, which makes it possible to significantly expand the possibilities of the educational, teaching, methodological and scientific-methodical process. The necessary regulatory information is in the database of computer classes provided with the full version of the programs «Consultant Plus», «Garant», «Legislation of Russia», «Fire Safety». For information support of educational activities in the university there is a unified local network.

Increasing multiplicity and complexity of modern tasks significantly increase the requirements for the organization of the educational process. Nowadays the University use distance-studying technologies.

The university library corresponds to all modern requirements. The fund of the University's library accounts more than 359 thousand numbers of literature on all branches of knowledge. The library's funds have information support and are united into a single local network. All processes are automated. The library program «Irbis» is installed. The library provides electronic book loan. This makes it possible to bring the book to user as soon as possible.

Reading rooms of the library are equipped with computers with Internet access and a local network of the university. The Electronic Library has been created and is functioning; it is integrated with the electronic catalog.

2/3 of the educational and scientific foundation was digitized in the Electronic Library. The following libraries are connected to the electronic library: a branch in Zheleznogorsk and a library of the Vytegra training and rescue center, as well as training centers. There is access to the largest libraries of our country and the world (BN Yeltsin Presidential Library, Russian National Library, Russian State Library, Library of the Academy of Sciences, Library of Congress). A contract was concluded with EBS IPRbooks for the using and viewing of educational and scientific literature in electronic form.

The library has more than 150 copies of rare and valuable publications. The library has a rich fund of periodicals, their number is 8121 copies. In 2017, in accordance with the requirements of the state educational standard, 80 titles of magazines and newspapers were issued. All incoming periodicals are signed by a bibliographer for electronic catalogs and card files. Publications of periodicals are actively used by readers in educational and research activities. Also, 3 foreign journals are issued.

On the basis of the library, a professorial library and a professorial club of the university were established.

The Polygraphist Center of the University is equipped with modern printing equipment for full-color printing, which allows providing orders for printed products of the University, as well as a plan for publishing activities of the Ministry. The University publishes 7 scientific journals, publishes materials of a number of International and All-Russian scientific conferences, packet of scientific works of the faculty of the university. The University's editions comply with the requirements of the legislation of the Russian Federation and are included in the electronic database of the Scientific Electronic Library to determine the Russian Scientific Citation Index, and also have an international index. The scientific and analytical journal «Problems of risk management in the technosphere» and the electronic scientific and analytical journal «Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia» are included in the list of peer-reviewed scientific journals approved by the decision of the Higher Attestation Commission, in which the main scientific results of dissertations should be published for the degree of candidate of sciences, for the degree of Doctor of Sciences.

All cadets of the university are trained in the initial training programs for rescuers and firefighters. The training takes place on the basis of the Vytegra Training and Rescue Center, a branch of the North-West regional search-and-rescue detachment of the EMERCOM of Russia; The rescue training center of the Baikal search and rescue team, located in the settlement of Nikola near Lake Baikal; 40th Russian Rescue Training Center; 179th Rescue Center in Noginsk; Center for the training of rescuers «Krasnaya Polyana» of the Southern Regional search and rescue team of the. On July 1, 2013, the Center for the Education of Cadets was established on the basis of the St. Petersburg's University of the State Fire Service of the EMERCOM of Russia.

The main goals of the Center's activities are intellectual, cultural, physical and the spiritual and moral development of the Cadets, their life adaptation in society, the creation of the preparation basis of minors to serve the Fatherland in the field of state civil, military, law enforcement and municipal service.

The Center implements the training of cadets in general secondary education programs, taking into account additional educational programs.

The university pays great attention to sports. Teams consisting of teachers, cadets and listeners are regular participants of various sports tournaments, held both in Russia and abroad. Students and cadets of the university are members of the teams of the Ministry of Emergencies of Russia in various sports. Students and cadets of the university are members of the EMERCOM teams in various sports.

Sport club «Nevskiy Lions» was organized which includes professional fire and rescue sport teams, also includes ice hockey, volleyball, basketball, American football teams and other different kinds of strength sport.

Cadets and students have opportunity to develop their cultural standards and their creative capacity in the Institute of Arts. Cadets and students actively take a part in games of the club of humor between Emercom units, annual professional and art competitions «Miss Emercom», «The best club», «The best museum» and also musical competition of firefighters and rescuers «Melodies of sensitive hearts».

All necessary conditions for training higher educated specialists for fire and rescue service of Emercom of Russia were created in the Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia.

**ФГБОУ ВО МЧС России**  
**«Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы»**  
EMERCOM of Russia  
FSBEI HPE «Saint-Petersburg university of State fire service»

**Научно-аналитический журнал**  
Scientific and analytical magazine

**Надзорная деятельность и судебная экспертиза**  
**в системе безопасности**  
Monitoring and expertise in safety system

**№ 1 – 2019**

**Подписной индекс № 04159 в «Каталоге российской прессы «Почта России»**  
**(ООО МАП)**  
Subscription index № 04159 in the «Catalog of the Russian Press «Post of Russia» (ООО МАП)

**Свидетельство о регистрации**  
**ПИ № ФС 77-57194 от 11 марта 2014 г.**  
Registration certificate PI № FS 77-57194 dated March 11, 2014.

Выпускающий редактор Г.Ф. Сулова  
Editor G.F. Suslova

---

Подписано в печать 20.03.2019. Формат 60×84<sub>1/8</sub>. Усл.-печ. п.л. 10,25. Тираж 1000 экз.  
Passed for printing 20.03.2019. Format 60×84<sub>1/8</sub>. Tentative printed sheets 10,25. Circulation 1000 copies.

---

Отпечатано в Санкт-Петербургском университете ГПС МЧС России  
196105, Санкт-Петербург, Московский проспект, д. 149.  
Printed in Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia  
196105, Saint-Petersburg, Moskovsky prospect, № 149.