

# **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ МОДУЛЯ ПРИЕМА, ХРАНЕНИЯ, ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ И ВЫДАЧИ ОГNETУШАЩИХ ВЕЩЕСТВ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПОЖАРОТУШЕНИЯ**

**Д.А. Крылов;**

**М.Р. Сытдыков, кандидат технических наук;**

**А.С. Поляков, доктор технических наук, профессор,  
заслуженный деятель науки Российской Федерации.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Представлены результаты моделирования работы модуля приема, хранения, транспортирования и выдачи огнетушащих веществ универсальной установки пожаротушения. Сформирован коэффициент энергетической эффективности модуля, с использованием которого получены зависимости для прогнозирования дальности подачи огнетушащих веществ реальных установок пожаротушения.

*Ключевые слова:* универсальная установка пожаротушения, модуль приема, хранения, транспортирования и выдачи огнетушащих веществ, моделирование

## **MODELING OF WORK OF THE FIRE EXTINGUISHING AGENTS RECEPTION, STORAGE, TRANSPORTATION AND EXTRACTION MODULE OF THE UNIVERSAL FIRE EXTINGUISHING UNIT**

D.A. Krylov; M.R. Sytdykov; A.S. Polyakov.

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

We provide results of modeling of work of the fire extinguishing agents reception, storage, transportation and extraction module of the universal fire extinguishing unit. We have generated the coefficient of the module energy efficiency. We obtained dependences using this coefficient to predict the range and supply of fire extinguishing agents of real fire extinguishing installations.

*Keywords:* universal fire extinguishing unit, fire extinguishing agents reception, storage, transportation and extraction module, modeling

Актуальность разработки универсальной установки пожаротушения (УУПТ) для основных автомобильных средств пожаротушения в интересах оперативного изменения типа огнетушащих веществ (ОТВ), вывозимых на защищаемые объекты при пожаре, обоснована и рассмотрена авторами в работе [1]. Основой УУПТ является модуль приема, хранения, транспортирования и выдачи (ПХТВ) ОТВ, представленный позициями 1 и 2 на рис. 1.

Работоспособность конструкции УУПТ подтверждена положительными результатами испытаний ее модели на жидких и порошковых ОТВ [1], однако в них не отражено влияние конструкции самого модуля ПХТВ ОТВ на его энергетическую эффективность. В связи с этим в данной статье изложены результаты испытаний модуля ПХТВ ОТВ.

О конструктивных различиях типов установок пожаротушения (УПТ) основных пожарных автомобилей можно судить по рис. 2.

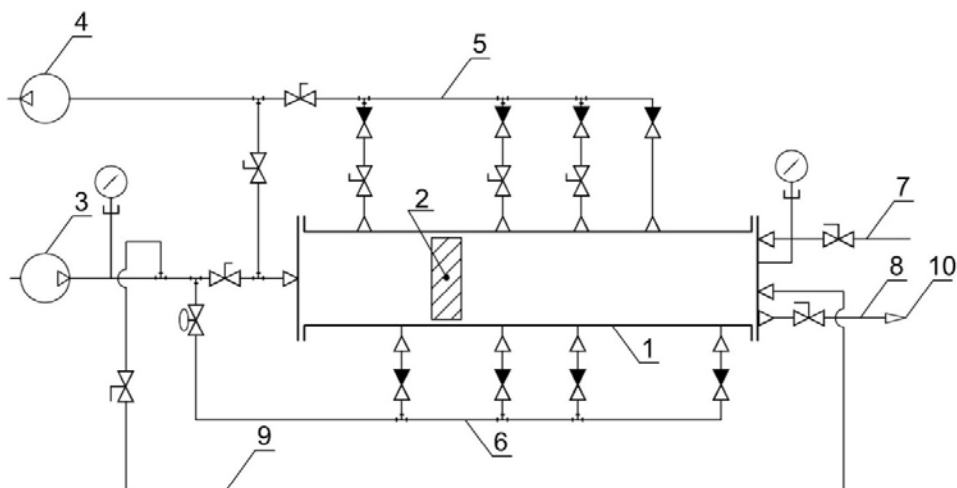


Рис. 1. Схема модели модуля ПХТВ ОТВ (со вспомогательным оборудованием):  
 1 – сосуд; 2 – разделитель сред; 3 – воздушный компрессор; 4 – вакуумный насос;  
 5 – вакуумная линия; 6 – нагнетательная линия; 7 – линия всасывания; 8 – линия выдачи;  
 9 – линия продувки; 10 – струеобразующий насадок

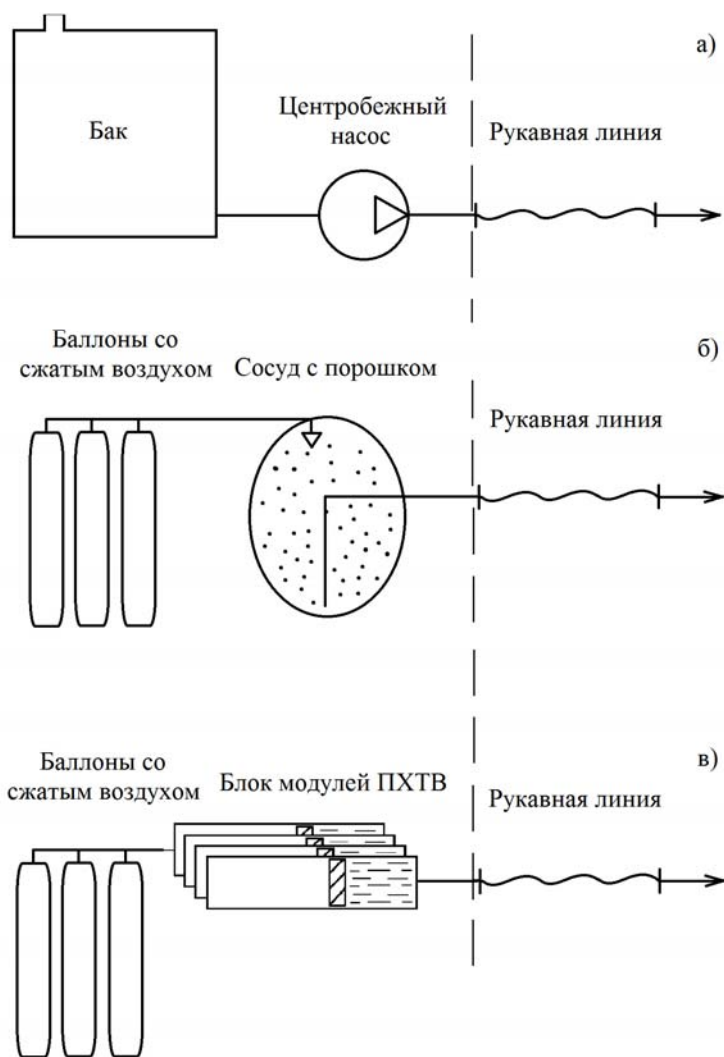


Рис. 2. Схемы структурные принципиальные установок пожаротушения:  
 а) водяная; б) порошковая; в) универсальная авторской разработки

В модели в качестве типового прорезиненного рукава «Б» применена полиэтиленовая трубка с внутренним диаметром 10 мм, обладающая схожим коэффициентом гидравлического сопротивления. Реальным ручным стволам (с диаметрами sprays – 13, 16, 19 мм), используемым в пожарной охране, в модели модуля соответствовали сменные насадки, уменьшенные, так же как и рукав, в 5,3 раза (с внутренними диаметрами: 2,7; 3,3; 3,7 мм). При этом скорости вылета струи ОТВ из модельных насадок соответствовали фактическим скоростям полета струй из реальных стволов (от 16 до 30 м/с).

Из сравнения рис. 1, 2 видно, что конструкция модуля ПХТВ ОТВ имеет существенные отличия от УПТ основных пожарных автомобилей МЧС России [2, 3], поэтому моделирование осуществлено только в отношении их общей части – рукавной линии (табл.).

Таблица. Характеристики рукавных линий аналога и модели

Объекты сравнения	Характеристики одной рукавной линии							
	скорость течения ОТВ ( $v$ ), м/с		числа Эйлера (Eu)		числа Рейнольдса (Re)		концентрация аэрозоля по массе, кг ОТВ/кг воздуха	
	min	max	max	min	min	max	min	max
Аналог (АКТ 5/1000-57/40)	1,22	6,93	280	17	64 660	367 290	100	300
Модель УУПТ (масштаб М=1:5,3)	1,15	6,70	290	19	11 500	67 500	115	150

Как следует из данных таблицы 1, моделируемые процессы модулем ПХТВ приближенно или полностью соответствовали процессам, протекающим в рукавных линиях существующих УПТ [4]:

- движение ОТВ – в режиме турбулентного течения (критерий Рейнольдса более принятого в гидравлике значения  $Re=2\ 000$ );
- концентрация моделируемой струи порошка – в пределах, характерных для струй высокой концентрации;
- числа Эйлера (Eu), определяемые отношением перепада давления ( $\Delta P$ ) к произведению плотности ( $\rho$ ) и квадрата скорости ( $v^2$ ), для натуре и модели приближенно равны при соответствующих значениях рабочего давления.

В ходе испытаний определены подача, скорость движения разделителя, скорость и дальность полета струи ОТВ, площади орошения компактной струей воды гипотетического очага пожара. Перемещение разделителя, изменение показаний манометров фиксировали с помощью видеозаписывающих устройств. Дальность полета струи ОТВ измерена с помощью металлической рулетки. Массив данных, полученных в ходе экспериментов, обработан методами математической статистики с применением персонального компьютера.

Экспериментальные данные и теоретические представления о механизме действия модуля ПХТВ ОТВ позволили сформировать (методом анализа размерностей) безразмерный обобщающий коэффициент его энергетической эффективности ( $K_{ээ}$ ):

$$K_{ээ} = \frac{mv^2}{\rho D^2 s}$$

где  $m$  – масса ОТВ, перемещаемая внутри модуля ПХТВ, кг;  $v$  – скорость перемещения разделителя сред модуля ПХТВ ОТВ, м/с;  $P$  – давление перед разделителем сред модуля ПХТВ ОТВ, Па;  $D$  – диаметр внутренней модуля ПХТВ ОТВ, м;  $S$  – путь разделителя сред модуля ПХТВ при вытеснении ОТВ.

Из анализа структуры представленной зависимости следует, что числитель ее отражает энергию, необходимую для перемещения ОТВ массой  $m$  со скоростью  $v$  внутри сосуда модуля, знаменатель – полную энергию, затраченную на вытеснение этой массы.

Как показали расчеты, численные значения коэффициента энергетической эффективности (КЭЭ) – очень малы (на уровне  $0,5 \cdot 10^{-7}$ – $2,5 \cdot 10^{-7}$ ). Это обстоятельство указывает на то, что конструкция модуля ПХТВ обладает очень малыми внутренними (объемными и гидравлическими) потерями энергии на перемещение ОТВ и, как следствие из этого, – высоким потенциалом по вытеснению его массы.

Результаты моделирования зависимости подачи воды и порошка для моделей насадков представлены на рис. 3, 4. Численные значения коэффициента энергетической эффективности на этих и других рисунках увеличены в  $10^7$  раз (для удобства построения графиков).

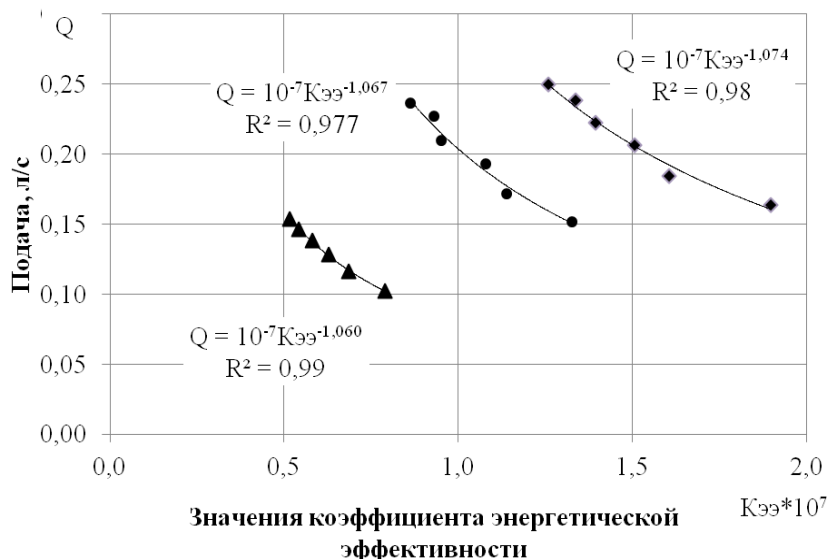


Рис. 3. Зависимость подачи воды от коэффициента энергетической эффективности модуля ПХТВ ОТВ (насадки диаметром: ▲ – 2,7 мм; ● – 3,3 мм и ◆ – 3,8 мм)

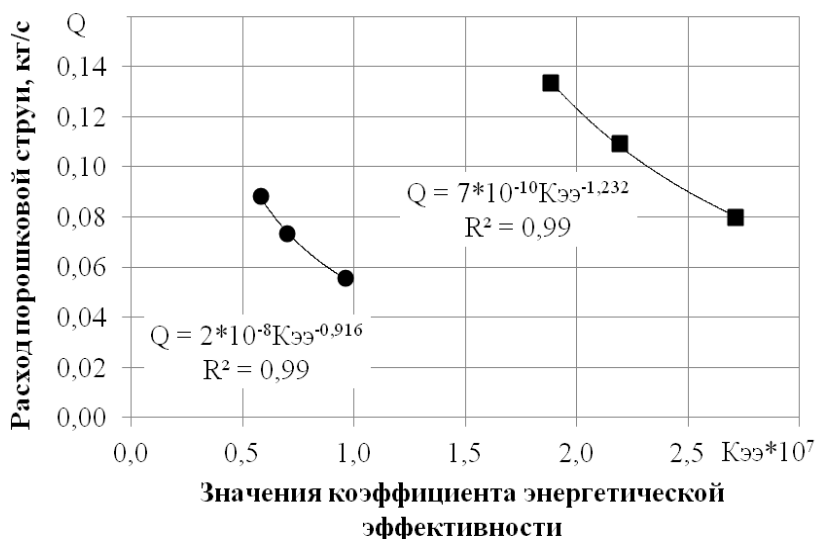


Рис. 4. Зависимость подачи порошка от коэффициента энергетической эффективности модуля ПХТВ ОТВ (насадки диаметром: ● – 3,3 мм и ■ – 3,8 мм)

На рис. 5, 6 представлены зависимости дальности полета (L) струй воды и порошка от коэффициента Кээ модуля ПХТВ ОТВ.

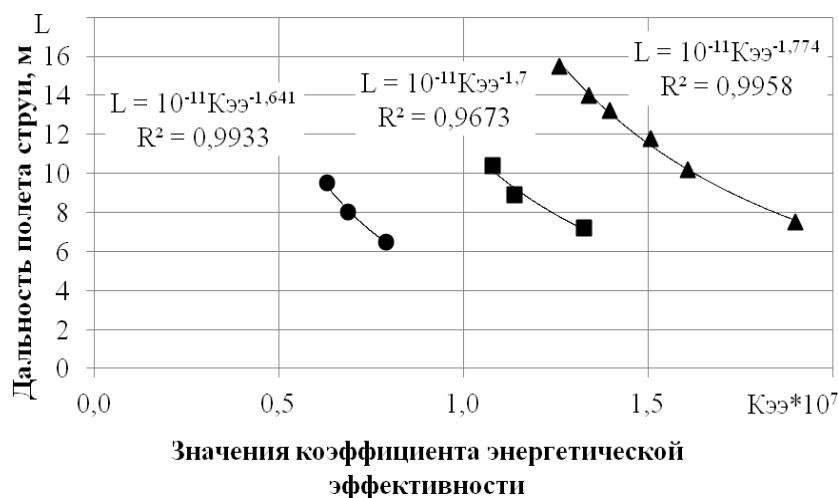


Рис. 5. Зависимость дальности полета струи воды от коэффициента энергетической эффективности модуля ПХТВ ОТВ (насадки диаметром: ● – 2,7 мм; ■ – 3,3 мм и ▲ – 3,8 мм)

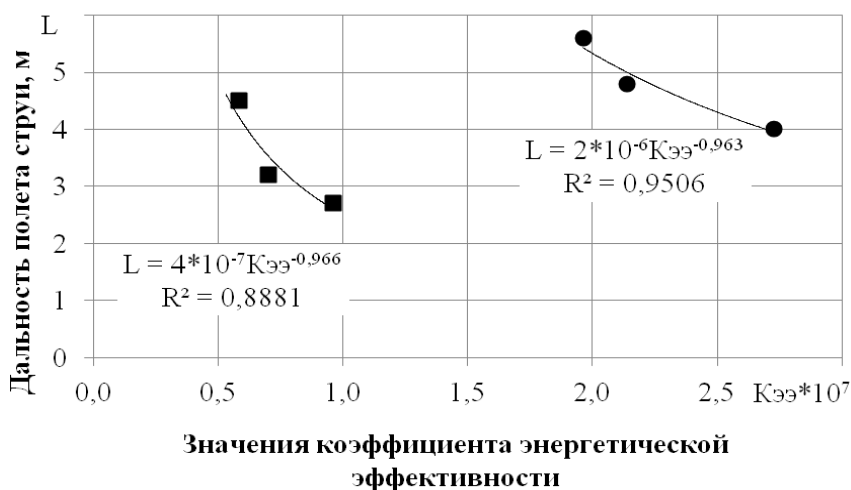


Рис. 6. Зависимость дальности полета струи порошка от коэффициента энергетической эффективности модуля ПХТВ ОТВ (насадки диаметром: ■ – 3,3 мм и ● – 3,8 мм)

Анализ представленных зависимостей (рис. 3–6) свидетельствует, что у всех исследованных моделей насадков лучшие значения параметров подачи и дальности полета струи лежат в области меньших значений Кээ.

Следовательно, для обеспечения роста расхода и дальности подачи ОТВ необходимо уменьшение численного значения коэффициента энергетической эффективности. Этого можно достичь регулированием эксплуатационных и конструктивных параметров модуля ПХТВ ОТВ (выбором типа насадка, изменением загружаемой массы и скорости перемещения ОТВ, давлением, диаметром сосуда и хода разделителя сред модуля). В этих случаях прогнозирование параметров модуля ПХТВ ОТВ можно осуществлять методом экстраполяции на основе аналитических зависимостей, представленных на рассмотренных ранее рисунках.

Изменение величины площади орошения компактной струей воды от давления выдачи представлено на рис. 7, где схематично изображены зоны выпадения основной части воды в струе – ее раздробленная часть (зона 1) и распыленной части струи (зона 2).

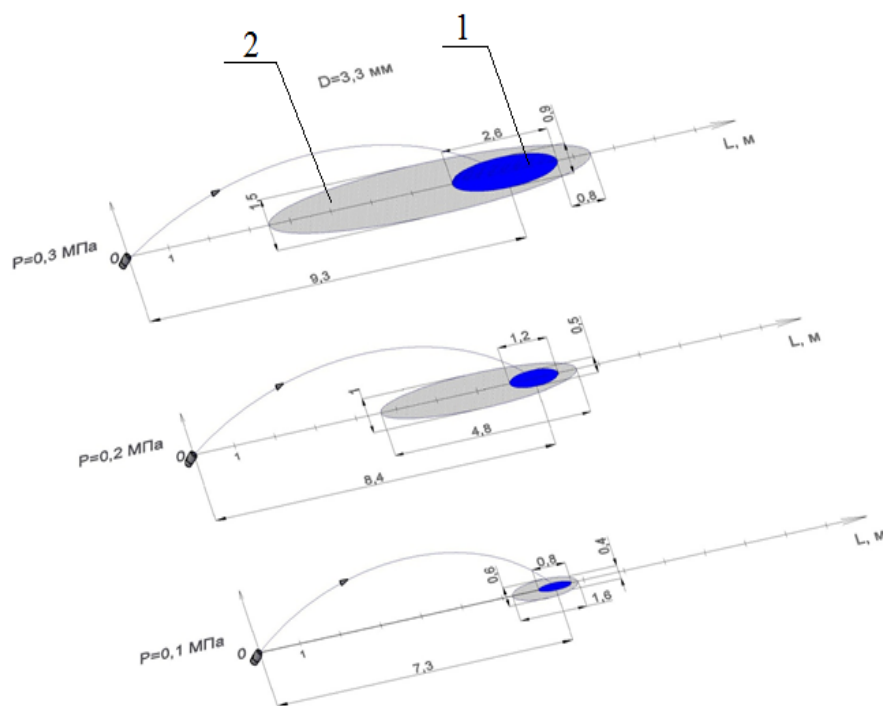


Рис. 7. Схема зон орошения водой на примере модельного насадка диаметром 3,3 мм

На рис. 8 представлена зависимость изменения площади орошения раздробленной частью струи воды от давления выдачи.

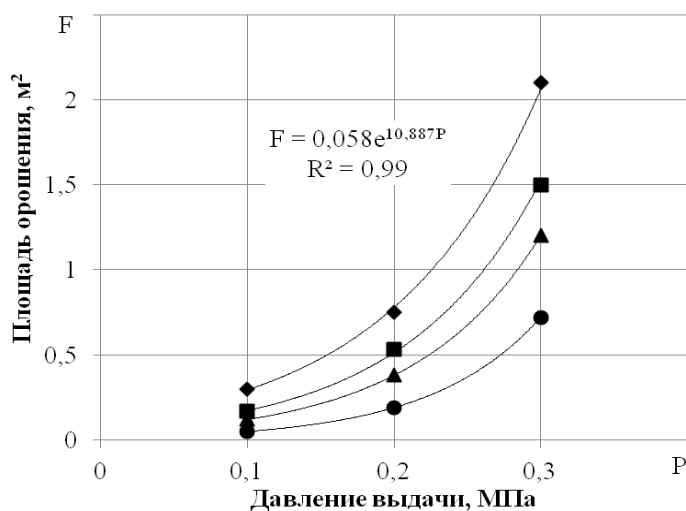


Рис. 8. Зависимость изменения площади орошения раздробленной частью струи воды от давления выдачи (насадки диаметром: ● – 2,7 мм; ▲ – 3,3 мм; ■ – 3,8 мм и ◆ – 4,8 мм)

Из рис. 7, 8 видно, что с ростом давления увеличиваются площади орошения раздробленной и распыленной частью струи. В то же время интенсивность орошения (отношение подачи ОТВ к площади потенциального очага возгорания) снижается, и это необходимо учитывать при проведении пожарно-тактических расчетов.

Таким образом, представленные в статье данные позволяют сделать следующие выводы:

- возможность создания универсальной установки пожаротушения (на основе конструкции рассмотренного модуля ПХТВ ОТВ), не уступающей по соответствующим показателям известным УПТ, существует;

– зависимости, полученные на исследованной модели модуля ПХТВ, позволяют рассчитать основные технические характеристики проектируемого натурального образца.

### **Литература**

1. Поляков А.С., Крылов Д.А., Сытдыков М.Р. Автомобильная универсальная установка пожаротушения: конструкция и моделирование режимов функционирования // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 2 (38). С. 50–56.

2. Универсальная установка пожаротушения: пат. RU158632 U1 / Поляков А.С., Сытдыков М.Р., Крылов Д.А. // Официальный бюллетень Изобретения. Полезные модели. 2016. № 2.

3. Автомобиль пожарный комбинированного тушения на базе шасси «IVECO-АМТ». ООО «ЧИБИС» г. Санкт-Петербург. URL: <http://chibisfiresystem.ru/akt> (дата обращения: 20.02.2017).

4. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. 8-е изд., перераб. М.: Наука, 1977. 440 с.

5. Вилков А.Н. Методология проведения научного эксперимента». М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. 33 с.

## **О ПРОБЛЕМАХ ПОЖАРОТУШЕНИЯ В МОРСКИХ ПОРТАХ И НА СУДАХ В УСЛОВИЯХ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР**

**Е.В. Руднев.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Рассматривается проблема пожарной безопасности судов в суровых климатических условиях Арктики. Приведена статистика о пожарах на судах. Обсуждаются перспективные меры снижения пожароопасности судов и совершенствования мер и средств пожаротушения.

*Ключевые слова:* Арктика, морские суда, меры профилактики пожаров, повышение пожароустойчивости конструктивных материалов, средства пожаротушения на судах

## **ABOUT THE PROBLEMS OF FIRE FIGHTING IN PORTS AND ON SHIPS AT LOW TEMPERATURES**

E.V. Rudnev. Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The problem of fire safety of courts in severe climatic conditions of the Arctic is considered. The statistics about the fires is given in courts. Perspective measures of depression of fire danger of courts and improvement of measures and fire extinguishing means are discussed.

*Keywords:* The Arctic, sea vessels, measures of prophylaxis of the fires, risings of fire resistance of constructive materials, fire extinguishing means in courts

Проблема развития Арктического региона являлась, является и будет актуальной для России и в будущем [1]. Развитие региона связано с добычей нефти и газа, что влечет за собой увеличение судоходства, рост нефтеналивного флота, увеличение количества судов, обеспечивающих нефтегазодобывающие компании. Предполагается развитие морских и речных перевозок, контейнеров и трейлеров, поскольку их удобно обрабатывать в портах. Кроме этого, развитие Северного морского пути (СМП) и береговой арктической инфраструктуры сопровождается ростом грузоперевозок и туристических маршрутов. Все это объясняет актуальность проблемы пожаробезопасности судов и портов не только