



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**Національний університет цивільного захисту України**

**Черкаський інститут пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля**



**МАТЕРІАЛИ**

**Всеукраїнської науково-практичної конференції  
з міжнародною участю**

# **Надзвичайні ситуації: безпека та захист**

**9 – 10 жовтня 2015 року**

**м. Черкаси**

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:**

Садковий В.П. – д. н. держ. упр., професор, ректор Національного університету цивільного захисту України;

Тищенко О. М. – к. т. н., професор, в. о. проректора Національного університету - начальника Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, голова;

Поздєєв С. В. – д. т. н., професор, головний науковий співробітник відділу науково-дослідної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, заступник голови;

Андронов В. А. – д. т. н., професор, проректор з наукової роботи Національного університету цивільного захисту України;

Гвоздь В. М. – к. т. н., професор, начальник Управління ДСНС України у Черкаській області;

Гуріненко І. Ю. – к. пед. н., начальник відділу науково-дослідної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України;

Школяр Є. В. – к. психол. н., науковий співробітник відділу науково-дослідної роботи Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, відповідальний секретар конференції.

**Надзвичайні ситуації: безпека та захист.** Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. // Черкаси: ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2015. – 582 с.

*Рекомендовано до друку Вченою радою  
Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України  
(протокол № 1 від 15.09.2015)*

*Дозволяється публікація матеріалів збірника у відкритому доступі  
експертною комісією інституту з питань таємниці  
(протокол № 4 від 05.09.2015, акт експертизи № 4 від 05.09.2015)*

<i>С. Д. Светличная</i> ОЦЕНКА ДИНАМИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ МНОГОСЛОЙНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЛЕГКО-ВОСПЛАМЕНЯЮЩИХСЯ И ВЗРЫВАЮЩИХСЯ ЖИДКОСТЕЙ.....	321
<i>Ю. М. Сенчихін, А. В. Фіщук</i> АНАЛІЗ ДІЇ НЕБЕЗПЕЧНИХ ЧИННИКІВ ПІД ЧАС ПОЖЕЖ У ВАГОНАХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПОЇЗДІВ ЗАЛІЗНИЦІ .....	322
<i>Д. Л. Соколов</i> ЗАСТОСУВАННЯ ПЕРСОНАЛЬНОЇ МЕРЕЖІ ЗВ'ЯЗКУ ПРИ РОБОТІ В ДИХАЛЬНИХ АПАРАТАХ ЗІ СТИСНЕНИМ ПОВІТРЯМ.....	324
<i>В. В. Соколянський</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНЫХ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ПОЖАРОТУШЕНИЯ С ТЕРМОАКТИВИРУЮЩИМСЯ МИКРОКАПСУЛИРОВАННЫМ ОГНЕТУШАЩИМ ВЕЩЕСТВОМ.....	327
<i>С. В. Стась, Д. В. Колесников, О. М. Яхно</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ ПОТОКОВ С ПЕРЕМЕННОЙ ПО ДЛИНЕ МАССОЙ.....	331
<i>Є. В. Степанов, В. Б. Шиманський, Р. В. Романюк, В. В. Кукуєва</i> ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕГАСНОЇ ДІЇ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ІНГІБІТОРІВ .....	332
<i>Д. Г. Трегубов, О. В. Тарахно, А. Я. Шаршанов</i> ПРОГНОЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФЛЕГМАТИЗАЦІЇ ГОРЮЧИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНИМИ КИСНЄВМІСНИМИ СУМІШАМИ.....	335
<i>В. В. Тригуб, Ю. В. Хилько</i> К РАСЧЁТУ СИЛ И СРЕДСТВ ПОЖАРНО - СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ .....	339
<i>А. І. Шаповалов, В. Ю. Дендаренко, О. В. Титаренко</i> ФІЗИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ НАФТОПРОДУКТУ В РЕЗЕРВУАРІ .....	341

*Секція 3. Правові, освітні організаційно-управлінські та соціально-психологічні аспекти пожежної та техногенної безпеки*

<i>В. Г. Аветисян</i> ПРОГРАМНІ ТРЕНАЖЕРИ В ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НАВЧАЛЬНОГО ПРОЦЕСУ .....	344
<i>В. О. Архипенко</i> ВПЛИВ ЕСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ФІЗИЧНОЇ ПІДГОТОВКИ НА ДИНАМІКУ РОЗВИТКУ ФІЗИЧНИХ ЯКОСТЕЙ ФАХІВЦІВ ДСНС УКРАЇНИ.....	345
<i>В. В. Асоцький</i> ЗАГАЛЬНА ПСИХОЛОГІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДІЯЛЬНОСТІ НАЧАЛЬНИКІВ КАРАУЛІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ.....	349

G.W.Mallard, W. Tsang// National Institute of Standards and Technology, NIST Technical Note 1279. – August 1990.

7. Семёнов Н. Н. Тепловая теория горения и взрывов // УФН. — 1940. — В. 3. — Т. XXIII. — С. 251—292.

8. Семенов Н.Н. О некоторых проблемах химической кинетики и реакционной способности / Н.Н. Семенов. – М.: Изд-во АН СССР. – 1958. – 686 с.

9. Namrata Vora, Chemical Scavenging Activity of Gaseous Suppressants by using Laser-induced Fluorescence Measurements of Hydroxyl / Vora Namrata, Jia End Siow and Normand M. Lawendeau, Combustion and Flame. – V. 126. – 2001. – P.1393–1401.

10. Granovsky A.A. URL [http:// classic.chem.msu.su/gran/games /index.html](http://classic.chem.msu.su/gran/games/index.html) GAMESS PC.

11. Kukueva V., Combustion and flame (in press)

## УДК 614.841

*Д. Г. Трегубов, кандидат технічних наук, доцент,  
О. В. Тарахно, кандидат технічних наук, доцент, А. Я. Шаршанов,  
кандидат фізико-математичних наук, доцент,  
Національний університет цивільного захисту України*

### **ПРОГНОЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ФЛЕГМАТИЗАЦІЇ ГОРЮЧИХ СИСТЕМ ТЕХНІЧНИМИ КИСНЕВМІСНИМИ СУМІШАМИ**

На практиці виникає потреба використання розріджувачів, які містять залишковий кисень. Це можуть бути і продукти горіння з залишковим киснем, і неповністю розподілене на складові повітря. При виготовленні таких сумішей знижуються вимоги до ступеню очистки від залишків кисню з неї. Так, чистий азот з вмістом основної речовини 99,9 % отримують за криогенної технології, такий азот має велику собівартість. Дешевше, за умови можливості досягнення заданої глибини розділу повітря, працюють адсорбційні та мембранні технології. Наприклад «сухе гасіння» металургійного коксу проводять охолоджуючим газом складу: CO<sub>2</sub> – 5 %, CO – 18 %, H<sub>2</sub> – 10 %, O<sub>2</sub> – 0,4 %, N<sub>2</sub> – 66,6 %. У цій атмосфері не відбувається окиснення твердого вуглецевого залишку процесу коксування, а температура продукту зменшується.

Суміші на основі негорючих газів, які містять кисень або горючі компоненти, потребують збільшення їх подачі для досягнення умови флегматизації. Флегматизуюча концентрація, за умови використання технічних сумішей, зростає.

Задачу прогнозування ефективності флегматизації горючих систем сумішами на основі негорючих газів з вмістом кисню вирішено відносно

вмісту у суміші негорючого газу [2]. До вирішення даної задачі можна використати інші підходи, що дозволить вирішувати практичні задачі за різних вихідних даних, в також поглибить розуміння процесу флегматизації технічними сумішами негорючих газів.

Проведемо порівняльну оцінку ефективності флегматизації горючої системи «C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>ON (морфолін) 3,3 % та C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O (етанол) 96,7 %» чистим та технічним азотом. Усереднена хімічна формула заданої суміші становить – C<sub>2,07</sub>H<sub>6,07</sub>ON<sub>0,033</sub>. Для випадку, що розраховується, отримано значення флегматизуючої концентрації 56,02 % [2].

Розрахункова флегматизуюча концентрація за методикою викладеною у нормативних документах [1] для такої суміші при використанні чистого азоту становить 45,4 %, а мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню – 11,29 %. Для прогнозу ефективності флегматизації даної суміші «морфолін + етанол» технічним азотом, що містить 4 % кисню розглянуто додатково три розрахункових напрямки.

Напрямок 1. Оскільки технічна суміш має нестачу у своєму складі негорючого газу, то при її подачі у флегматизуючій концентрації утвориться лише певна частка від неї, відповідно до вмісту негорючого газу. Тобто, необхідно подати дещо більше суміші, щоб утворити 100 % від флегматизуючої концентрації:

$$\varphi_{\text{фл}_{\varphi_{\text{нг}}}} = 100 \frac{\varphi_{\text{фл}}}{\varphi_{\text{нг}}}, \%, \quad (1)$$

де  $\varphi_{\text{фл}_{\varphi_{\text{нг}}}}$  - флегматизуюча концентрація, перерахована на фактичний вміст негорючого газу у технічній суміші  $\varphi_{\text{нг}}$ , %;

$\varphi_{\text{фл}}$  - флегматизуюча концентрація для даного негорючого газу, %;

$\varphi_{\text{нг}}$  - фактичний вміст негорючого газу у технічній суміші, %.

Формула (1) (для випадку, що розраховується, 47,24 %), не враховує збагачення повітряного простору киснем флегматизуючої суміші. Для флегматизації додаткового кисню необхідна додаткова подача цієї суміші. Максимальна кількість кисню, що додатково надходить, за умови повного заповнення об'єму, який захищається, дорівнює вмісту кисню у негорючій суміші. Для випадку, що розраховується, це 4%. Для розбавлення додаткового кисню необхідно подати технічної суміші:

$$\Delta\varphi_{\text{фл}_{\text{O}_2}} = \frac{\varphi_{\text{фл}_{\varphi_{\text{нг}}}}}{21} \cdot \varphi_{\text{O}_2}, \%, \quad (2)$$

де  $\Delta\varphi_{\text{флO}_2}$  - додаткова флегматизуюча концентрація, %;

$\varphi_{\text{O}_2}$  - фактична концентрація кисню у складі флегматизуючої суміші, %.

Повна флегматизуюча концентрація даним кисневмісним розріджувачем:

$$\varphi_{\text{фл сум}} = \varphi_{\text{фл фнг}} + \frac{\varphi_{\text{фл фнг}}}{21} \cdot \varphi_{\text{O}_2} = 100 \frac{\varphi_{\text{фл}}}{\varphi_{\text{фнг}}} \left( 1 + \frac{\varphi_{\text{O}_2}}{21} \right) = 4,76 \frac{\varphi_{\text{фл}}}{\varphi_{\text{фнг}}} (21 + \varphi_{\text{O}_2}), \quad \%, \quad (3)$$

За формулою (3) отримано флегматизуючу концентрацію 56,2 %.

Напрямок 2. Флегматизуюча концентрація за формулою (1) містить флегматизуючу концентрацію негорючого газу та супутній кисень (для випадку, що розглядається, - 45,35 % та 1,89 %). Подача технічної суміші зменшує концентрацію кисню у повітрі на  $\Delta\varphi_{\text{O}_2}$  до мінімального вибухонебезпечного вмісту. Тоді можна визначити необхідну кількість технічної суміші для флегматизації кисню у її складі:

$$\Delta\varphi_{\text{флO}_2} = \frac{\varphi_{\text{фл фнг}}}{21 - \varphi_{\text{МВВК}}} \cdot \varphi_{\text{O}_2 \text{ доп}} = \frac{\varphi_{\text{фл фнг}}}{\Delta\varphi_{\text{O}_2}} \cdot \varphi_{\text{O}_2 \text{ доп}}, \quad (4)$$

де  $\varphi_{\text{O}_2 \text{ доп}}$  - фактична концентрація додаткового кисню при флегматизації, %;

$\varphi_{\text{МВВК}}$  - мінімальний вибухонебезпечний вміст кисню (МВВК), %;

$\Delta\varphi_{\text{O}_2}$  - необхідне зменшення концентрації кисню у повітрі до МВВК, %;

Флегматизуючу концентрацію для технічної суміші можна визначити, як суму флегматизуючих концентрації негорючого газу та додаткової кількості суміші:

$$\varphi_{\text{фл сум}} = \varphi_{\text{фл фнг}} + \frac{\varphi_{\text{фл фнг}}}{21 - \varphi_{\text{МВВК}}} \cdot \varphi_{\text{O}_2 \text{ доп}} = 100 \frac{\varphi_{\text{фл}}}{\varphi_{\text{фнг}}} \left( \frac{\Delta\varphi_{\text{O}_2} + \varphi_{\text{O}_2 \text{ доп}}}{\Delta\varphi_{\text{O}_2}} \right), \quad \%, \quad (5)$$

За формулою (5) отримано значення флегматизуючої концентрації 56,4 %.

Напрямок 3. Приймаємо, що суміш повітря та негорючого газу на межі флегматизації є 100 % системи, а негорючий газ при цьому містить кисень:

$$r_{\text{п}}(0,79 + 0,21) + r_{\text{фл}}((1 - \alpha_{\text{O}_2}) + \alpha_{\text{O}_2}) = 1 \quad (6)$$

де  $r_{\text{п}} = (1 - r_{\text{фл}})$  – об’ємна частка повітря, яке містить азот та кисень, у складі розріджувача за умови його подачі в об’єм, який необхідно захистити;

$r_{\text{фл}}$  – об’ємна частка розріджувача для флегматизації даної горючої речовини;

$(1 - \alpha_{\text{O}_2})$  – об’ємна частка негорючого газу у технічній суміші;

$\alpha_{\text{O}_2}$  – об’ємна частка кисню у технічній суміші.

Формулу (6) можна представити за вмістом кисню та негорючих газів:

$$r_{\text{O}_2} + r_{\text{N}_2} = (r_{\text{п}} \cdot 0,21 + r_{\text{фл}} \alpha_{\text{O}_2}) + (r_{\text{п}} \cdot 0,79 + r_{\text{фл}}(1 - \alpha_{\text{O}_2})) = 1 \quad (7)$$

де  $r_{\text{O}_2}$  – об’ємна частка кисню на нижній концентраційній межі поширення полум’я у разі створення умови флегматизації;

$r_{\text{N}_2}$  – об’ємна частка негорючого газу на нижній концентраційній межі поширення полум’я у разі створення умови флегматизації.

На нижній концентраційній межі поширення полум’я за умови флегматизації є фіксоване співвідношення між вмістом у суміші кисню та негорючих газів:

$$K = \frac{r_{\text{O}_2}}{r_{\text{N}_2}} = \frac{r_{\text{п}} \cdot 0,21 + r_{\text{фл}} \alpha_{\text{O}_2}}{r_{\text{п}} \cdot 0,79 + r_{\text{фл}}(1 - \alpha_{\text{O}_2})}, \quad (8)$$

Вирішуючи вираз (8) відносно  $r_{\text{фл}}$ , отримаємо вираз в якому є необхідна флегматизуюча частка негорючого газу у разі відсутності у технічній суміші кисню:

$$r_{\text{фл}} = \frac{0,21 - K \cdot 0,79}{(0,21 - \alpha_{\text{O}_2})(K + 1)} = \frac{0,21}{0,21 - \alpha_{\text{O}_2}} \cdot \frac{0,21 - K \cdot 0,79}{0,21(K + 1)} = \frac{0,21}{0,21 - \alpha_{\text{O}_2}} \cdot r_{\text{фл}\alpha_{\text{O}_2}=0}, \quad \%; \quad (9)$$

де  $r_{\text{фл}\alpha_{\text{O}_2}} = \frac{0,21 - K \cdot 0,79}{0,21(K + 1)}$  – об’ємна флегматизуюча частка негорючого газу за умови, що кисень у технічній суміші відсутній,  $\alpha_{\text{O}_2} = 0$ , %.

За формулою (9) отримано значення флегматизуючої концентрації 56,02 %.

Таким чином, отримано три альтернативних формули (3), (5) та (9) для розрахунку флегматизуючої концентрації технічною сумішшю, що містить кисень; розрахунок за якими збігається з прогнозом за методикою [2].

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ГОСТ 12.1.044-89 ССБТ. Пожаровзрывоопасность в-в и мат-в. Номенклатура показателей и методы их определения. – М: Изд. станд. – 1989. – 100 с.
2. Откідач Д.М. Флегматизація горючих газових середовищ / Д.М.Откідач, Ю.В.Цапко, К.І.Соколенко. – К: Пожінформ техніка. – 2005. – 196 с.

### УДК 614.8

*В. В. Тригуб, кандидат технических наук, доцент, Ю. В. Хилько,  
Национальный университет гражданской защиты Украины*

### **К РАСЧЁТУ СИЛ И СРЕДСТВ ПОЖАРНО - СПАСАТЕЛЬНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ НА ОБЪЕКТАХ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ**

Ущерб от пожара в резервуарном парке во многом определяется тем, насколько быстро удастся его локализовать и не допустить его дальнейшего распространения. Так как первоочередной задачей пожарных подразделений при тушении пожаров в резервуаре вертикальном стальном (РВС) является охлаждение горящего и соседних с ним резервуаров, то существует достаточно большое многообразие вариантов размещения пожарных лафетных стволов (ПЛС) или ручных стволов (РС) и ограниченный набор оперативных задач для них [1, 2, 3]. Не все они равноценны, поэтому из этого многообразия необходимо выбрать вариант охлаждения, не допускающий превышения температурой резервуара такого значения, при котором сухая стена теряет свою прочность (для горящего резервуара), или достижения ею температуры самовоспламенения нефтепродукта (для негорящего резервуара).

Успешное тушение пожаров в резервуарах и резервуарных парках, ликвидация связанных с ними аварий в решающей степени зависят от согласованности действий органов (гарнизонов) ДСНС Украины и инженерно технических служб объектов, которая достигается не только в ходе выполнения оперативно-тактических действий при пожаре, но и при разработке планов ликвидации пожаров.