

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій**

**Черкаський інститут пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України**

**Матеріали X Міжнародної  
науково-практичної конференції  
«ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ  
ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ»**

**11-12 квітня 2019 року**

**Черкаси – 2019**

Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали X Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2019. – 302 с.

**Програмний комітет:**

- Садковий В. П.** – д-р наук з держ. упр., професор, ректор НУЦЗ України;
- Тищенко О. М.** – Заслужений працівник освіти України, канд. техн. наук, професор, в. о. начальника ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Кропивницький В. С.** – канд. техн. наук, начальник УкрНДІЦЗ;
- Гвоздь В. М.** – канд. техн. наук, професор начальник У ДСНС України у Черкаській області;
- Рись Ю. Б.** – начальник відділу освіти та науки Департаменту персоналу ДСНС України;
- Неділько С. М.** – д-р. техн. наук, професор, начальник Кіровоградської льотної академії НАУ;
- Лісняк А. А.** – канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт НУЦЗ України;
- Ковалишин В. В.** – д-р. техн. наук, професор, ЛДУ БЖД;
- Лин А. С.** – канд. техн. наук, доцент, начальник навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки ЛДУ БЖД;
- Поздєєв С. В.** – д-р. техн. наук, професор головний науковий співробітник ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Maria Raykova** – Associated Professor, PhD, Габровський технічний університет, Республіка Болгарія;
- Зураб Кутателадзе** – професор, Тбіліський державний університет імені Іване Джавахішвілі, Грузія;
- Рікардо Вівер** – професор Академії пожежної безпеки, м. Арнем, Королівство Нідерланди;
- В'ячеслав Іванов** – член Ради директорів Відкритого університету Швейцарії «Академія управління бізнесом»;
- Маковчик О. В.** – канд. пед. наук, доцент, заступник директора ИПКиП Учреждения образования «Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка»;
- Telak Oksana** – PhD, Head of State and Safety Sciences Department. Faculty of Civil Safety Engineering The Main School of Fire Service, Warsaw, Poland;
- Telak Jerzy** – PhD, Prof., Head of Logistics Department, University of Social Sciences, Warsaw, Poland;
- Радомяк Хенрік** – д-р техн. наук Ченстоховський політехнічний університет, Республіка Польща;
- Кнапінський Марцін** – д-р техн. наук Ченстоховський політехнічний університет, Республіка Польща;
- Тамошунене Рима** – Professor, Вільнюський технічний університет ім. Гедимінаса, Литва;
- Шин Мо Се** – директор українського представництва компанії SAFEUS DRONE;
- Mr. Attila Szabó** – Lt. Colonel, head of institute, Disaster Management Research Institute, Management Training Center of Hungary;
- Milan Kroflic** – Регіональний менеджер з продажів компанії Weber-HYDRAULIK GMBH, Австрія;
- Daniel Gjorgjievski** – Desk officer for NATO cooperation, Crisis Management Center, Республіка Македонія.
- Організаційний комітет:**
- Маладика І. Г.** – канд. техн. наук, доцент, начальник факультету оперативно-рятувальних сил ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (**голова організаційного комітету конференції**);
- Нуянзін В. М.** – канд. техн. наук, начальник кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (**відповідальний секретар конференції**);
- Покалюк В. М.** – канд. пед. наук, заступник начальника факультету – начальник кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Биченко А. О.** – канд. техн. наук, доцент, начальник кафедри техніки та засобів цивільного захисту ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Архипенко В. О.** – канд. пед. наук, начальник кафедри спеціальної та фізичної підготовки ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Чорномаз І. К.** – канд. техн. наук, заступник начальника кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Григор'ян М. Б.** – канд. техн. наук, доцент кафедри техніки та засобів цивільного захисту ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Шаріпова Д. С.** – канд. психол. наук, доцент кафедри спеціальної та фізичної підготовки ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України;
- Майборода А. О.** – канд. пед. наук, доцент кафедри фізико-хімічних основ розвитку та гасіння пожеж ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України (**секретар конференції**).

Рекомендовано до друку Вченою радою факультету оперативно-рятувальних сил ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
(**протокол № 8 від 13 березня 2019 р.**)

Дозволяється публікація матеріалів збірника у відкритому доступі комісією з питань роботи із службовою інформацією в ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
(**протокол № 3 від 07.03.2019 р.**)

подібний таким, що використовують для геліосистем. Колектор-підігрівач розташовують в місці подавання води в охолоджуючу систему протитеплого костюму. Таким чином, поступаючи по пожежному рукаву, вода, яка має температуру нижчу за 15°C, проходячи по трубкам колектора нагрівається до комфортного рівня 18...25°C, и після цього рухається по каналам системи охолодження тіла рятувальника. При цьому виключається небезпека дії контрастних температур і загроза захворювання людини. Однак, додатковий агрегат може обмежувати свободу переміщень рятувальника, погіршуючи його тактичні можливості. Позбавитись такої незручності можна застосувавши колектор-підігрівач гнучкої конструкції. Він являє собою пластину з теплопровідного еластичного матеріалу в середині котрої виконані лабіринти каналів для руху холодоносія. З однієї сторони канали підключені до пожежного рукава за допомогою шланга водоживлення, з протилежної – до трубок системи охолодження рятувальника. Теплові промені від пожежі нагрівають пластину і воду, яка рухається в ній. Пластина розміщується в районі погруддя рятувальника, за допомогою підвісної системи з ременів, і виконує подвійну функцію. По-перше, це нагрів холодоагенту, а по-друге – колектор-підігрівач виступає в ролі екрана, який перешкоджає прямої дії теплових променів та конвекційних газових потоків на зовнішню оболонку протитеплого костюму. Таким чином, досягається мета роботи з забезпечення безпечних і комфортних умов роботи рятувальників в холодну пору року при гасінні пожеж.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Костенко В. К., Завьялова О. Л., Костенко Т. В. Теплозахисний костюм з системою водяного охолодження. Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека, 2016. №2 (2). С.38 – 43.

*О. В. Кулаков, канд. техн. наук, доцент, Г. О. Кулакова, курсант,  
Національний університет цивільного захисту України*

#### **ОЦІНКА РОЗМІРУ ЗОНИ ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ПРИ РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЇ РЕЗЕРВУАРУ СВГ БАГАТОПАЛИВНОЇ АЗС**

В Україні внаслідок високої вартості рідкого автомобільного палива економічно вигідним є використання автотранспорту, двигуни якого працюють на скраплених вуглеводневих газах (СВГ) – суміші скраплених (зріджених) газів пропану та бутану (LPG – liquefied petroleum gas).

Враховуючі пожежонебезпечні властивості СВГ [1], пожежі на багатопаливних АЗС відрізняються значними збитками та складністю гасіння. Резонансною пожежею останнього часу можна вважати пожежу 20 червня 2018 року на АЗС "БРСМ-нафта" (траса Київ – Житомир в селі Гуровщина), коли

водій забув вийняти заправний пістолет й начав рух, внаслідок чого паливороздавальна колонка була зірвана з кріплень, впала й почався витік СВГ. Сталося займання та вибух.

На багатопаливних АЗС найбільш часто застосовуються стандартні газові модулі з надземним або підземним розташуванням резервуарів [2]. Найбільшу пожежну небезпеку уявляються газові модулі з надземним розташуванням резервуарів для зберігання СВГ (застосовуються, як правило, резервуари об'ємом від 5 до 10 м<sup>3</sup>), до складу яких також входять щит керування, роздавальна колонка, насос з двигуном та запірна арматура.

СВГ є сумішшю пропану (до 95%), бутану та інших газів у незначній кількості. За [3] СВГ розділяють на п'ять сортів (А, В, С, D, Е) залежно від мінімального надлишкового тиску насичених парів. Наприклад, у зимовий час рекомендовано застосування СВГ сорту А, який має найбільший мінімальний надлишковий тиск насичених парів (та, відповідно, найбільший відсоток пропану у суміші).

При аварійній розгерметизації резервуару з СВГ вибухонебезпечним слід вважати простір, у якому газоповітряна суміш має концентрацію вище нижньої концентраційної межі поширення полум'я ( $C_{НКМП}$ ). Оцінимо горизонтальний розмір цього простору для пропану із застосуванням методики [4].

СВГ зберігається під тиском до 16 кгс/см<sup>2</sup> у надземному резервуарі об'ємом  $V=10$  м<sup>3</sup>. Припустимо найгірший варіант аварії – повністю заповнений резервуар (згідно [2] максимально припустимий рівень наливу складає 85%) раптово розгерметизувався та його вміст вийшов назовні. Також припустимо, що СВГ зберігається в резервуарі при нормальних умовах, тобто температурі +20<sup>0</sup>С.

Пропан має температуру кипіння  $t_{кип}=(-42,06)^{0}$ С. При розгерметизації резервуару зріджений пропан скіпає (стає перегрітою легкозаймистою рідиною), тому для визначення маси перегрітого пропану застосовуємо формулу (40) [4]:

$$m_{пер} = \min\left\{0,8 \cdot m_n; \frac{2 \cdot C_p \cdot (T_a - T_{кип})}{L_{вип}} \cdot m_{пер}\right\} = 2069 \text{ кг},$$

де  $m_n = 0,85 \cdot \rho_{пропан} \cdot V = 4335$  кг – маса парів пропану, що потрапили до навколишнього середовища;  $\rho_{пропан} = 510$  кг/м<sup>3</sup> – густина зрідженого пропану;  $m_{пер} = m_n$  – маса парів перегрітої рідини пропан, що вийшла назовні;  $C_p = 1863$  Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup> – питома теплоємність пропану при температурі перегрівання рідини  $T_a$ ;  $T_a = 293,15$  К – температура перегрітої рідини відповідно до технологічного регламенту в технологічному апараті;  $T_{кип} = 231,09$  К – нормальна температура кипіння пропану;  $L_{вип} = 484,5 \cdot 10^3$  Дж/кг – питома теплота випаровування пропану при температурі перегріву рідини  $T_a$ .

Густину парів пропану при розрахунковій температурі й атмосферному тиску визначаємо за формулою (45) [4]:

$$\rho_2 = \frac{M}{V_0 \cdot (1 + 0,00367 \cdot t_p)} = 1,83 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3},$$

де  $M=44,1 \text{ кг/кмоль}$  – молярна маса пропану;  $V_0=22,413 \text{ м}^3 \cdot \text{кмоль}^{-1}$  – мольний об'єм;  $t_p = t_0 = 20^\circ\text{C}$  – розрахункова температура.

Горизонтальний розмір зони, яка обмежує область концентрацій, що перевищують  $C_{НКМП}$ , для горючих газів розраховуємо за формулою (43) [4]:

$$R_{НКМП} = 14,5632 \cdot \left( \frac{m_{пер}}{\rho_2 \cdot C_{НКМП}} \right)^{0,333} \approx 115 \text{ м},$$

де  $C_{НКМП} = 2,3 \% \text{ (об.)}$  – нижня концентраційна межа поширення полум'я для пропану.

**Висновок.** При аварійній розгерметизації найбільш часто застосовного надземного резервуару для СВГ об'ємом  $10 \text{ м}^3$  газового модулю багатопаливної АЗС вибухонебезпечним (газоповітряна суміш має концентрацію вище  $C_{НКМП}$ ) є простір на відстані до 115 м від резервуару за відсутності вітру. Для попередження вибуху слід уникати появи джерела запалювання будь-якого походження у зоні загазованості.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения / [составители А.Н. Баратов и др.]. – Москва: Химия, 1990. – (Справочное издание).
2. Ємності, резервуари, газгольдери для скраплених вуглеводневих газів [Електронний ресурс] / Офіційний веб-портал підприємства «КРАПТ» // Режим доступу: <http://krapt.com.ua/rezervuar-sug>.
3. Палива автомобільні. Газ нафтовий скраплений. Технічні вимоги та методи контролювання: ДСТУ EN 589:2017 (EN 589:2008+A1:2012,ІДТ). – [Чинний від 2018-02-01]. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. – 16 с. – (Національний стандарт України).
4. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпечністю: ДСТУ Б В.1.1-36:2016. – [Чинний від 2017-01-01]. – Київ: Мінрегіон України, 2016. – 31 с. – (Національний стандарт України).
5. Основные свойства сжиженного газа [Электронный ресурс] / Официальный веб-портал предприятия «Академия ГБО» // Режим доступа: <https://academygbo.ru/o-kompanii/vse-o-gbo/osnovnye-svoystva-szhizhennogo-gaza>.

*А. С. Мельниченко,*

*Національний університет цивільного захисту України*

### **ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЛЬНИХ АПАРАТІВ ДЛЯ РОЗВІДКИ ПОЖЕЖ**

Досвід гасіння пожеж показує, що успішно виконувати свої завдання пожежно-рятувальні підрозділи здатні лише в тому випадку, якщо вони мають достовірні, повні та оперативно отримані дані про обстановку на пожежі. Такі дані добуваються шляхом проведення заходів з розвідки. Враховуючи небезпеки і загрози життю пожежних під час гасіння вогню, що