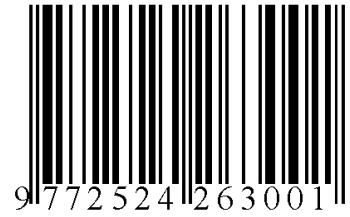


ISSN 2524-2636



**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ  
З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**



**Збірник наукових праць  
Черкаського інституту пожежної безпеки  
імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету  
цивільного захисту України**

# **«Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація»**

**Том 4 № 1 (2020)**

**DOI:** [https:// doi.org/10.31731/2524-2636.2020.4.1](https://doi.org/10.31731/2524-2636.2020.4.1).

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової  
інформації, Серія КВ № 22700-12600ПР,  
видане 04.05.2017 Міністерством юстиції України*

*Рекомендовано до друку та до поширення через мережу Інтернет  
Вченою радою Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України  
(протокол № 3 від 30.11.2020)*

*Дозволяється публікація матеріалів збірника у відкритому доступі комісією  
Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України  
з питань роботи із службовою інформацією  
(протокол № 11 від 02.11.2020)*

**УДК 614.8  
Н 17**

Збірник наукових праць Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація» : – Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2020. – Том 4 № 1. – 100 с.

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

**ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР** – *Тищенко Олександр Михайлович*, канд. техн. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

**ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА** – *Поздєєв Сергій Валерійович*, д-р техн. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

**ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР** – *Ножко Ігор Олегович*, канд. пед. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

**ТЕХНІЧНИЙ РЕДАКТОР** – *Рябоконт Вікторія Вікторівна*, канд. пед. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

**РЕДАКТОР ТЕХНІЧНИХ ТЕКСТІВ ЗІ ЗНАННЯМ АНГЛІЙСЬКОЇ МОВИ** – *Хряпак Сергій Олександрович*, канд. філол. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

### ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ

*Абрамов Юрій Олексійович*, д-р техн. наук, проф. (Національний університет цивільного захисту України (м. Харків));

*Акіншин Валерій Дмитрович*, д-р фіз.-мат. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Бєліков Анатолій Серафимович*, д-р техн. наук, проф. (ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури» (м. Дніпро));

*Ватуля Гліб Леонідович*, д-р техн. наук, доц. (Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків));

*Ващенко Вячеслав Андрійович*, д-р техн. наук, проф. (Черкаський державний технологічний університет);

*Волянїн Єжи*, д-р техн. наук, проф. (Головна школа пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща));

*Дия Хенрік*, д-р техн. наук, проф. (Ченстоховський політехнічний університет (Республіка Польща));

*Кириченко Оксана Вячеславівна*, д-р техн. наук, проф. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Кнапінський Марцін*, д-р техн. наук (Ченстоховський політехнічний університет (Республіка Польща));

*Кенпка Павел*, д-р техн. наук (Головна школа пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща));

*Ковалишин Василь Васильович*, д-р техн. наук, проф. (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності);

*Мазур Валерій Леонідович*, д-р техн. наук, проф. (Фізико-технологічний інститут металів та сплавів Національної академії наук України (м. Київ));

*Мізерський Анжей*, д-р техн. наук, проф. (Головна школа пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща));

*Мирошник Олег Миколайович*, д-р техн. наук, доц. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Мосов Сергій Петрович*, д-р війс. наук, проф. (Національна академія державного управління при Президентові України (м. Київ));

*Осипенко Василь Іванович*, д-р техн. наук, проф. (Черкаський державний технологічний університет);

*Радомяк Хенрік*, д-р техн. наук (Ченстоховський політехнічний університет (Республіка Польща));

*Семерак Михайло Михайлович*, д-р техн. наук, проф. (Національний університет «Львівська політехніка»);

*Тарасенко Олександр Андрійович*, д-р техн. наук, с. н. с. (Національний університет цивільного захисту України (м. Харків));

*Землянський Олег Миколайович*, канд. техн. наук, доц. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Камлюк Андрій Миколайович*, канд. техн. наук, доц. (Університет цивільного захисту Міністерства з надзвичайних ситуацій Республіки Білорусь (м. Мінськ));

*Некора Ольга Валеріївна*, канд. техн. наук, с. н. с. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Нуязін Олександр Михайлович*, канд. техн. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Сідней Станіслав Олександрович*, канд. техн. наук (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Пармон Валерій Вікторович*, канд. техн. наук, доц. (Університет цивільного захисту Міністерства з надзвичайних ситуацій Республіки Білорусь (м. Мінськ));

*Полєвода Іван Іванович*, канд. техн. наук, доц. (Університет цивільного захисту Міністерства з надзвичайних ситуацій Республіки Білорусь (м. Мінськ));

*Швиденко Андрій Валерійович*, канд. техн. наук, доц. (ЧПБ імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України);

*Ясколовський Вальдемар*, канд. техн. наук (Головна школа пожежної служби (м. Варшава, Республіка Польща)).

## ЗМІСТ / CONTENTS

- В. С. Бабенко, А. П. Кремена*  
**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ  
СТАРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ КОСМИЧЕСКИХ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ..... 5**  
*V. S. Babenko, A. P. Kremena*  
**ENSURING ENVIRONMENTAL SAFETY DURING THE OPERATION  
OF STARTING COMPLEXES OF SPACE ROCKETS**
- О. В. Борсук*  
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ СТАЛЕВОЇ БАЛКИ ІЗ ВОГНЕЗАХИСНИМ  
МІНЕРАЛОВАТНИМ ОБЛИЦЮВАННЯМ ПРИ ПОЖЕЖІ..... 15**  
*O. V. Borsuk*  
**STUDY OF THE STEEL BEAM WITH FIRE-PROTECTIVE MINERAL WOOL  
CLADDING BEHAVIOR IN CASE OF FIRE**
- С. О. Ганненко*  
**ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ РЕАЛІЗАЦІЇ ЗАХОДІВ ПРОТИМІННОЇ  
ДІЯЛЬНОСТІ УКРАЇНИ ПІД ЧАС ВЕДЕННЯ БОЙОВИХ ДІЙ..... 25**  
*S. Hanneko*  
**PROBLEM ISSUES OF IMPLEMENTATION OF MEASURES OF MINING  
ACTIVITIES OF UKRAINE DURING COMBAT**
- Ю. Ю. Дендаренко, Є. О. Тищенко, Ю. М. Сенчихін, В. І. Дивень, О. Д. Блащук*  
**СПОСІБ АКТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ  
ПОЛУМ'Я ТА ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗПИЛЕНОГО  
ВОДЯНОГО СТРУМЕНЯ ВІЯЛОВОГО ТИПУ..... 31**  
*Yu. Yu. Dendarenko, Ye. O. Tyshchenko, Yu. M. Senchyhin, V. I. Dyven, O. D. Blashchuk*  
**METHOD OF ACTIVE INFLUENCE ON REDUCING FLAME AND SURFACE  
TEMPERATURE BY MEANS OF WATER JET OF FAN TYPE**
- М. А. Куценко, Г. І. Єлагін, А. Г. Алексєєв, В. В. Наконечний, О. С. Алексєєва*  
**ОЦІНКА КІЛЬКОСТІ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН В ПРОДУКТАХ ЗГОРАННЯ  
ПРИ ПОЖЕЖІ РОЗЛИТИХ ГОРЮЧИХ РІДИН, ТА ЕКОЛОГІЧНИХ ВТРАТ  
ВНАСЛІДОК ТАКОЇ ПОЖЕЖІ ..... 39**  
*M. A. Kutsenko, G. I. Yelagin, A. G. Alekseev, V. V. Nakonechnyj, H. S. Alekseeva*  
**EVALUATION OF THE NUMBER OF HARMFUL SUBSTANCES IN COMBUSTION  
PRODUCTS DURING FIRE SPOILED FLUID LIQUIDS, AND ECOLOGICAL LOSSES  
AS A RESULT OF SUCH FIRE**
- В. В. Ніжник, А. С. Борисова*  
**ВИЯВЛЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ВІТРОВОГО ВПЛИВУ НА КРИТИЧНУ  
ПОВЕРХНЕВУ ГУСТИНУ ТЕПЛООВОГО ПОТОКУ ..... 48**  
*V. V. Nizhnyk, A. S. Borysova*  
**DETECTION OF THE DEPENDENCE OF WIND INFLUENCE  
ON THE CRITICAL SURFACE DENSITY OF HEAT FLOW**
- В. Ніжник, Д. Добряк, Ю. Підгорецький*  
**ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗКРИТТЯ ПРОРІЗІВ ЛЕГКОСКИДНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗІ  
СТІЛЬНИКОВИХ ПОЛІКАРБОНАТНИХ ЛИСТІВ ПІД ДІЄЮ ВИБУХУ ..... 55**  
*V. Nizhnyk, D. Dobriak, Y. Pidhoretskiy*  
**RESEARCH OF DISCLOSURE OF RELIVE VENTING STRUCTURES WITH  
POLYCARBONATE FENCING IN CONDITIONS OF EXPLOSION**

<i>В. В. Ніжник, Д. О. Добряк, С. В. Поздєєв, А. В. Швиденко, О. В. Некора, О. В. Савченко</i> <b>СУЧАСНИЙ СТАН ДОСЛІДЖЕНЬ ЩОДО ОЦІНЮВАННЯ ВІКОННИХ ЛЕГКОСКИДНИХ КОНСТРУКЦІЙ .....</b>	<b>62</b>
<i>Nyzhnyk, V. V., Dobriak, D. O., Pozdieiev S. V., Shvydenko, A. V., Nekora, O. V., Savchenko O. V.</i> <b>CURRENT STATE OF RESEARCHES IN AREA OF WINDOW RELIEF VENTING SYSTEMS EFFICIENCY EVALUATING</b>	
<i>А. В. Перегін, О. М. Нуянзін, М. А. Кришталь, П. І. Заїка</i> <b>КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ТЕПЛОМАСООБМІНУ У КАМЕРАХ ВОГНЕВИХ ПЕЧЕЙ УСТАНОВОК ДЛЯ ВИПРОБУВАНЬ НА ВОГНЕСТІЙКІСТЬ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ .....</b>	<b>71</b>
<i>A. V. Peregin, O. M. Nuianzin, M. A. Krystal, P. I. Zaika</i> <b>COMPUTER SIMULATION OF HEAT EXCHANGE IN FIRE STOVE FURNACE INSTALLATIONS FOR FIRE RESISTANCE TESTS OF BUILDING CONSTRUCTION</b>	
<i>С. В. Цвіркун, М. Ю. Удовенко</i> <b>МОДЕЛЮВАННЯ ПОЖЕЖІ В НАВЧАЛЬНІЙ АУДИТОРІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ПРОГРАМНОГО КОМПЛЕКСУ BlenderFDS .....</b>	<b>80</b>
<i>Tsvirkun S. V., Udovenko M. Y.,</i> <b>CLASSROOM FIRE MODELING BY USING BlenderFDS</b>	
<i>І. К. Черномаз</i> <b>ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВПРОВАДЖЕННЯ НОВІТНІХ СПОСОБІВ ГАСІННЯ ВНУТРІШНІХ ПОЖЕЖ, ВИКОРИСТОВУЮЧИ МІЖНАРОДНИЙ СПОСІБ ТРЕНУВАННЯ – COMPARTMENT FIRE BEHAVIOUR TRAINING .....</b>	<b>87</b>
<i>I. K. Chornomaz</i> <b>THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FUNDAMENTALS OF IMPLEMENTATION OF THE LATEST METHODS OF EXTINGUISHING INTERNAL FIRE USING THE INTERNATIONAL WAY OF TRAINING COMPANY TRAINING COMPANY</b>	
<i>С. Поздєєв, Y. Zmaha, M. Zmaha</i> <b>FRAGMENTARY ILLUMINATION OF RESULTS OF FIRE TEST OF WOODEN BEAMS WITH FACING BY FIRE-RETARDANT PLYWOOD .....</b>	<b>93</b>
<i>С. В. Поздєєв, М. І. Змага, Я. В. Змага</i> <b>ФРАГМЕНТАЛЬНЕ ВИСВІТЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВОГНЕВИХ ВИПРОБУВАНЬ ДЕРЕВ'ЯНИХ БАЛОК З ОБЛИЦЮВАННЯМ ВОГНЕЗАХИСНОЮ ФАНЕРОЮ</b>	

УДК 614.835.3

DOI: <https://doi.org/10.31731/2524-2636.2020.4.1.-31-38>

Ю. Ю. Дендаренко,<sup>1</sup> канд. техн. наук, доцент,

Є. О. Тищенко,<sup>2</sup> д-р техн. наук, доцент,

Ю. М. Сенчихін,<sup>3</sup> канд. техн. наук, професор,

В. І. Дивень,<sup>1</sup> канд. іст. наук, доцент, О. Д. Блащук,<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
Національного університету цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Навчально-методичний центр ЦЗ та БЖД Черкаської області,

<sup>3</sup>Національний університет цивільного захисту України

## СПОСІБ АКТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЗНИЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОЛУМ'Я ТА ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ РОЗПИЛЕНОГО ВОДЯНОГО СТРУМЕНЯ ВІЯЛОВОГО ТИПУ

Встановлено можливість застосування розпилених водяних струменів, переважно водяних струменів віялового типу, у вертикальній та горизонтальній площинах з метою пониження температури полум'я палаючих зріджених вуглеводневих газів, починаючи зі зрізу його надходження у вільний простір. З'ясовано, що найбільш ефективною є активна фаза розпиленого водяного струменя (0,5-0,75 довжини), яка, надходячи під зріз ядра полум'я, під впливом високошвидкісного газового струменя подрібнюється на дрібнодисперсну фазу.

**Ключові слова:** тепловий потік; розпилений водяний струмінь; насадок; зріджений вуглеводневий газ.

### **Постановка проблеми.**

Особливостями розвитку пожеж на об'єктах переробки та зберігання зріджених вуглеводневих газів (ЗВГ) визначаються властивостями цих газів.

При розгерметизації обладнання та вільному виході ЗВГ в атмосферу внаслідок високої швидкості випаровування можуть утворюватися пароповітряні хмари великих розмірів, які залежать від кількості газу, що миттєво вийшов, або швидкості витікання, а також кліматичних умов (швидкості вітру, температури повітря тощо).

Найбільш ймовірною причиною аварійного витікання продукту є втрата герметичності обладнання через порушення технологічного процесу та несправності протиаварійних систем і пристроїв. Спалахування виникає, як правило, від стороннього джерела, тому що максимальна температура продукту не перевищує температури самоспалахування.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Згідно з результатами досліджень [1] автором доведено, що розпилений водяний

струмінь віялового типу при його визначених розрахункових гідравлічних параметрах і характеристиках здатен захистити сусідню ємність від впливу теплового потоку шляхом його поглинання. Таким чином, при встановленні вертикального водяного розпиленого струменя віялового типу між палаючим резервуаром з нафтопродуктом та сусіднім тепловим потоком поглинається струменем до значень, які є безпечними для вільного простору всередині сусідньої ємності і не дозволяють підвищуватися температурі пароповітряної суміші до температури спалаху.

Автори [3] дослідили вплив повітряного простору на формування захисної дії розпиленого водяного струменя віялового типу від впливу теплового потоку під час пожеж.

Таким чином, на сьогодні проблема захисту від теплового потоку факела полум'я палаючих нафтопродуктів за допомогою водяних струменів вивчена досить детально, але проблема захисту від теплового потоку факела ЗВГ з

температурою полум'я, що перевищує температуру полум'я нафтопродуктів приблизно у 2 рази [4], з точки зору водяного захисту в умовах пожежі вивчена недостатньо. Отже, виникла необхідність дослідити вплив водяного розпиленого струменя віялового типу на різні фази полум'я палаючого ЗВГ.

Під час пожеж, які пов'язані з горінням ЗВГ [7; 8], особливо при їхньому зберіганні під тиском, практично завжди існує небезпека руйнування (розриву) емностей, комунікацій і допоміжного технологічного обладнання, що супроводжується викидом великих об'ємів палаючого газу, вибуху (хлопками та спалахами).

Це відбувається через швидке зростання тиску всередині вказаних емностей і комунікацій в результаті їх нагрівання (запобіжна арматура не завжди дозволяє «стравити» його в атмосферу та на факел), а також втрати міцності (за тієї ж причини) металевих поверхонь, які обмежують парорідинний простір. Запобігти руйнуванню резервуарів можна шляхом охолодження його поверхні водяними струменями. Але, традиційна методика охолодження не сприяє ефективному відведенню тепла від металевої оболонки емності із ЗВГ через неможливість одночасного охоплення компактним водяним струменем максимальної площі її поверхні.

#### **Формулювання цілей статті.**

Метою роботи є створення способу охолодження кулеподібних і горизонтальних резервуарів із ЗВГ. Відповідно, задачами дослідження є розроблення методики створення водяних розпилених струменів віялового типу та створення тактики їх застосування, яка б дозволила досягти максимального охоплення металевої оболонки емності з метою її захисту від термічного впливу факела полум'я.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Пожежі на об'єктах зберігання та переробки ЗВГ характеризуються можливістю прояву у різному сполученні таких небезпечних явищ:

- теплової дії «пожежі-спалаху» (вибухове виникнення горіння);
- дії хвилі стиснутого повітря (вибухова хвиля);
- теплової дії струменевого факела палаючого газу;
- теплової дії полум'я під час горіння проливу;
- теплової дії вогневої кулі.

Оскільки густина парів більшості ЗВГ перевищує густину повітря, пароповітряні хмари можуть дрейфувати у приземному шарі атмосфери на значні відстані. Під час загоряння таких хмар може виникати їх швидке згоряння без вибуху у вигляді спалаху або згоряння з вибухом з утворенням хвилі стискання [5].

Згоряння з вибухом і з утворенням хвилі стискання може виникнути, коли пароповітряною хмарою охоплені захищені ділянки території (напівзамкнені об'єми, технологічне обладнання з високою щільністю розміщення, лісові масиви), а також при попаданні у хмару довгих труб, порожнин тощо.

При розгерметизації обладнання, в якому зріджені гази знаходяться під тиском, утворюються пароповітряні струмені, загоряння яких призводить до утворення віялових струменевих факелів, а також струменевих факелів, близьких до симетричних по осі. Дія таких факелів, які часто мають велику довжину, на обладнання веде до його пошкодження та залучення до горіння все більшої кількості газу.

Під час теплової дії струменевого факела полум'я або палаючого проливу на резервуари зі зрідженими газами можливе їх руйнування з утворенням вогневих куль з великим радіусом смертельного ураження людей тепловим випромінюванням.

При зберіганні зріджених газів в ізотермічних наземних сховищах велику небезпеку представляють можливі руйнування таких сховищ. Гідродинамічна хвиля, що утворюється у цих випадках, може зруйнувати обвалування або перехлеснути через нього з утворенням проливів великих площ. При випаровуванні зрідженого газу з такого проливу утворюються пароповітряні хмари великих

розмірів. Горіння таких проливів може призвести до виникнення пожеж на сусідніх об'єктах.

Однією з особливостей пожеж на об'єктах зберігання та переробки ЗВГ є можливість виникнення ланцюгового (каскадного) розвитку пожежі.

З метою попередження розвитку пожежі та її ліквідації необхідно, на думку авторів, виходити з наступного:

- при неможливості попередження надходження ЗВГ у відкритий простір необхідно забезпечити його вигорання під контролем;

- всі дії з локалізації пожежі мають бути спрямовані на попередження її розвитку та дії небезпечних факторів пожежі на особовий склад;

- керівник гасіння пожежі (КГП) має своєчасно оцінювати можливість прояву небезпечних факторів, котрі можуть загрожувати здоров'ю та життю особового складу та забезпечувати своєчасну евакуацію у безпечну зону.

З цією метою для розробки планів пожежогасіння на об'єктах з наявністю ЗВГ слід застосовувати методи кількісної оцінки параметрів вражаючих факторів аварій з пожежами та вибухами [6].

При розгляданні фізико-хімічних властивостей і показників вибухонебезпечності ЗВГ слід враховувати, що на практиці, як правило, мають справу з двофазною системою рідина-газ (пар).

Шляхом комп'ютерного моделювання та моделювання в лабораторних умовах [9] автори прийшли до висновку, що найбільш ефективними діями підрозділів ОРС під час аварійного виникнення струменевого розпиленого горіння ЗВГ є застосування розпиленого водяних струменів віялового типу.

Першочерговою задачею КГП і підрозділів оперативно-рятувальної служби (ОРС) є локалізація горіння ЗВГ і створення безпечних умов для вигорання продукту.

Авторами проаналізовані технічні характеристики сучасних пожежно-технічних засобів подавання розпиленого струменя води, які можуть бути застосовані з метою зниження інтенсивності теплового потоку шляхом зрошення факела полум'я (табл. 1).

Застосовуючи активну фазу такого струменя (0,5-0,75 його довжини), поданого безпосередньо під зріз зони ядра полум'я 1, що є високошвидкісним потоком (рис. 1), можна досягти максимального дроблення водяного струменя на дрібнодисперсну фазу і, таким чином, збільшити швидкість його нагрівання аж до межі газоподібного стану, що призведе до зниження температури полум'я у його середній зоні поновлення 2 за рахунок інтенсивного відбору тепла із зони горіння на нагрів та випаровування води.

Таким чином, у факельній зоні 3 температура полум'я буде значно нижчою за температуру ядра та, як наслідок, наближеною до температури потухання.

З метою скорочення витрат води на охолодження резервуарів авторами пропонується застосовувати насадок розпиленого струменя (НРС) для створення радіальних (плоских) водяних струменів (рис. 2.) [1; 3]. Застосування такого насадка дає змогу збільшити площу одночасного охолодження максимальної ділянки поверхні за одиницю часу за рахунок розширення кута факелу розпилення струменя. Витрата води при цьому не перевищує 13 л/с [1].

На рис. 3; 4 показані можливі схеми застосування НРС з метою охолодження аварійних горизонтальних і кулеподібних наземних металевих резервуарів зі зрідженим газом.

Таблиця 1 – Технічні характеристики сучасних засобів створення розпилених водяних струменів

Тип пожежі	Вогнегасні речовини	Прийоми подавання	Пожежно-технічні засоби подавання розпилених струменів води	
			Ручні стволи	Насадки-розпилювачі
Факельне горіння симетричних по осі струменів ЗВГ	Розпилені струмені води	Зрошення факела полум'я активною (ефективною) частиною струменя (0,5-0,75 довжини) [2]	РСК-50 PROTEK РС-А РС-Б	НРТ-5 НРТ-10 НРТ-20 Насадок для створення радіальних водяних струменів (НРС) [1]
Факельне горіння віялоподібних струменів ЗВГ	Розпилені струмені води	Зрошення факела полум'я активною (ефективною) частиною струменя (0,5-0,75 довжини) з метою локалізації горіння	РСК-50 PROTEK РС-А РС-Б	НРТ-5 НРТ-10 НРТ-20 НРС
Горіння проливу	Розпилені струмені води	Факелами розпилених водяних струменів має перекриватись вся поверхня горіння		НРТ-5 НРТ-10 НРТ-20 НРС
	Повітряно-механічна піна середньої кратності	Ізоляція всієї поверхні проливу	ГПС-600 ГПС-2000	

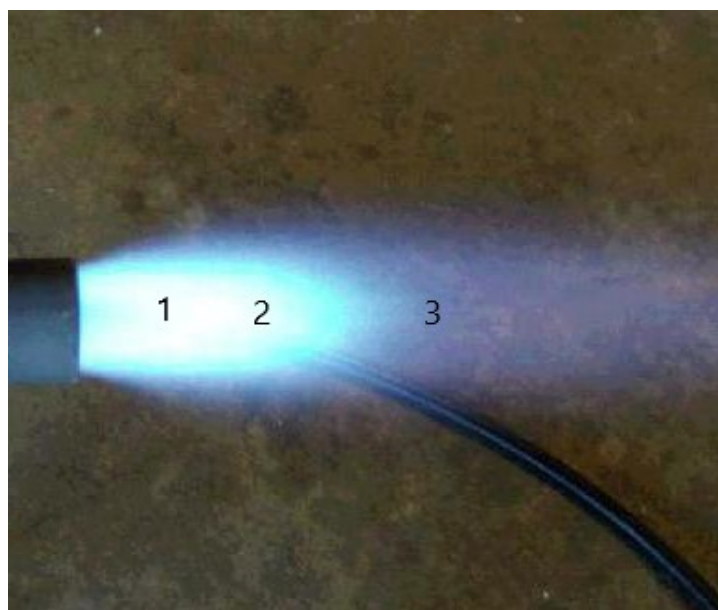


Рисунок 1 – Структура формування високошвидкісного газового полум'я при його надходженні у повітряний простір через вільний отвір.



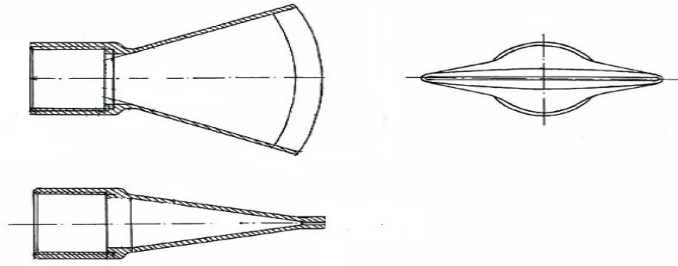


Рисунок 2 – Загальний вигляд НРС.

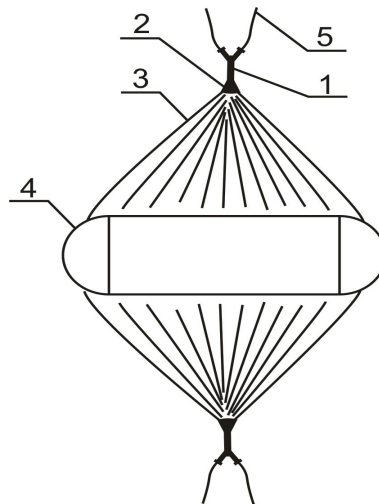


Рисунок 3 – Схема охолодження горизонтального резервуара зі зрідженим газом за допомогою НРС під час пожежі:

1 – лафетний ствол ПЛС-20П; 2 – НРС; 3 – радіальний водяний струмінь; 4 – горизонтальний сталевий наземний резервуар; 5 – напірні пожежні рукавні лінії.

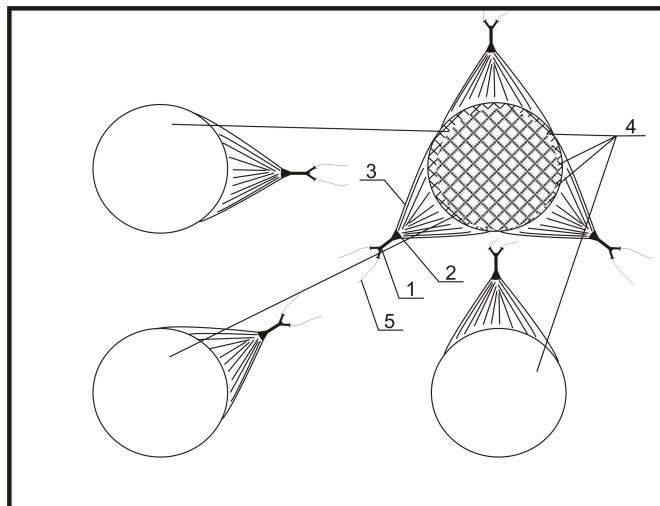


Рисунок 4 – Схема охолодження кулеподібних резервуарів зі зрідженим газом за допомогою НРС під час пожежі:

1 – лафетний ствол ПЛС-20П; 2 – НРС; 3 – радіальний водяний струмінь; 4 – кулеподібний сталевий резервуар; 5 – напірні пожежні рукавні лінії.

**Висновки.**

1. Здійснити активний вплив на зниження температури полум'я палаючого ЗВГ можна за допомогою розпиленого водяного струменя віялового типу, використовуючи структуру полум'я палаючого ЗВГ шляхом введення струменя під зріз зони його ядра.

2. Запропоновано новий спосіб охолодження горизонтальних та кулеподібних резервуарів зі зрідженим газом, що дозволить зберегти несучі та огорожувальні властивості їх конструктивних елементів в умовах ліквідації пожеж та надзвичайних ситуацій при значному зменшенні витрат води та

необхідної кількості особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби.

**Перспективи подальших досліджень.** Застосовуючи запропонований спосіб активного охолодження металевих оболонок резервуарів зі зберігання зріджених вуглеводневих газів як базовий, можна дослідити вплив струменів під час проведення даних оперативно-тактичних дій підрозділами ОРС, враховуючи різні геометричні параметри ємностей. Крім того, дослідження впливу теплового потоку різної інтенсивності на особовий склад підрозділів сприятиме експериментуванню з регулювання змін гідравлічних параметрів і характеристик радіального водяного струменя згідно конкретних умов під час пожеж.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Дендаренко Ю.Ю. Радіальні водяні струмені-екрани для протипожежного захисту. Дис... канд. техн. наук: 05.23.16 / Харківський держ. техн. ун-т буд. та архіт. – Харків. 2004. - 121 с.

2. Маладыка І.Г., Дендаренко Ю.Ю., Мирошник О.М., Биченко А.О., Федоренко Д.С., Словінський В.К. та ін. Довідник керівника гасіння пожежі. – Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. – Київ: ТОВ «Літера-Друк», 2016, - 320 с.

3. Шеренков И.А., Дендаренко Ю.Ю. Веерные свободные водяные струи для теплозащиты при пожарах. // Научный сборник строительства. – Вып. 18. – Харків: ХДТУБА-ХОТВ АБУ, 2002. – С. 293-297.

4. Пожарная тактика / Ivannikov - Spravochnik RTP.docx [Електрон. ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/6459511/>.

5. Методика визначення ризиків та їх прийнятих рівнів для декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки: Наказ Міністерства праці та соціальної політики

України від 04.12.2002. № 637. URL: <http://uainfo.biz/legal/basene/ua-smelgt/index.htm>.

6. Дранишников Л.В., Найверт А.В. Оценка риска возникновения аварии. Проблемы математического моделирования: тезисы доп. міждерж. наук.-метод. конф., м. Дніпродзержинськ, 26-28 травня 2004 р. Дніпродзержинськ, 2004. – С. 56-57.

7. Дьяченко Т.В. Транспортування та збереження зрідженого природного газу: навчальний посібник. – Одеса: Освіта України, 2017. – 106 с.

8. Сжиженный метан как транспортное топливо. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://lngas.ru/natural-gas-lng/szhizhennyj-metantransportnoe-topливо.html>.

9. Мироненко В. К. Математична модель станів та надійності залізничної транспортної системи при перевезенні небезпечних вантажів / В. К. Мироненко, М. Д. Кацман, М. М. Горбаха, В. І. Мацюк // Системи обробки інформації. Харків. – 2015. – Вип. 9 (134). – С. 161–167.

**REFERENCES**

1. Dendarenko Yu.Iu. Radialni vodiani strumeni-ekrany dlia protypozhezhnoho zakhystu. Dys... kand. tekhn. nauk: 05.23.16 /

Kharkivskyi derzh. tekhn. un-t bud. ta arkhit. – Kharkiv. 2004. - 121 s.

2. Maladyka I.H., Dendarenko Yu.Iu., Myroshnyk O.M., Bychenko A.O., Fedorenko

D.S., Slovinskyi V.K. ta in. Dovidnyk kerivnyka hasinnia pozhezhi. – Ukrainskyi naukovo-doslidnyi instytut tsyvilnoho zakhystu. – Kyiv: TOV «Litera-Druk», 2016, - 320 s.

3. Sherenkov I.A., Dendarenko Yu.Yu. Veerlye svobodnye vodyanye strui dlya teplozashchity pri pozharakh. // Naukoviy zbirnik budivnistva. – Vyp. 18. – Kharkiv: KhDTUBA-KhOTV ABU, 2002. – S. 293-297.

4. Pozharnaya taktika / Ivannikov - Spravochnik RTP.docx [Elektron. resurs]. – Rezhim dostupu: <https://studfiles.net/preview/6459511/>.

5. Metodyka vyznachennia ryzykiv ta yikh pryiniatykh rivniv dlia deklaruvannia bezpeky

obektiv pidvyshchenoi nebezpeky: Nakaz Ministerstva pratsi ta sotsialnoi polityky Ukrainy vid 04.12.2002. № 637. URL: <http://uainfo.biz/legal/basene/ua-cmelgt/index.htm>.

6. Dranishnikov L.V., Nayvert A.V. Otsenka riska vozniknoveniya avarii. Problemi matematichnogo modelyuvannya: tezi dop. mizhderzh. nauk.-metod. konf., m. Dniprodzerzhinsk, 26-28 travnya 2004 r. Dniprodzerzhinsk, 2004. – S. 56-57.

7. Dyachenko T.V. Transportuvannya ta zberezhennya zridzhenogo prirodnogo gazu: navchalnyy posibnik. – Odesa: Osvita Ukraini, 2017. – 106 s.

8. Szhizhennyy metan kak transportnoe toplivo. – [Elektronnyy resurs]. Rezhim dostupa: <http://lngas.ru/natural-gas-lng/szhizhennyj-metantransportnoe-toplivo.html>.

9. Mironenko V. K. Matematichna model staniv ta nadiynosti zaliznichnoi transportnoi sistemi pri perevezenni nebezpechnikh vantazhiv / V. K. Mironenko, M. D. Katsman, M. M. Gorbakha, V. I. Matsyuk // Sistemi obrobki informatsii. Kharkiv. – 2015. – Vip. 9 (134). – S. 161–167.

*Yu. Yu. Dendarenko,<sup>1</sup> candidate of technical science, docent,*

*Ye. O. Tyshchenko,<sup>2</sup> doctor of technical science, docent,*

*Yu. M. Senchyhin,<sup>3</sup> candidate of technical science, professor,*

*V. I. Dyven,<sup>1</sup> candidate of historical science, docent, O. D. Blashchuk,<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Cherkasy Institute of Fire Safety named after Chornobyl Heroes  
of National University of Civil Defence of Ukraine,*

*<sup>2</sup>Educational methodical centre of civil protection and life safety of Cherkasy region, Cherkasy,*

*<sup>3</sup>National University of Civil Defence of Ukraine*

## **METHOD OF ACTIVE INFLUENCE ON REDUCING FLAME AND SURFACE TEMPERATURE BY MEANS OF WATER JET OF FAN TYPE**

*The possibility of using sprayed water jets is established, primarily radial air jets, in vertical and horizontal planes in order to reduce the temperature of the burning Liquefied Petroleum Gas, starting from the cut-off of its expiration into free space. Various technical means of supplying water in a spray and spray nozzles for their creation, which are used in solving the problem of reducing the temperature of the burning Liquefied Petroleum Gas are viewed. It has been established that the active phase of the sprayed water jet is most effective (0,5-0,75 of the lengths), which, acting under the cut of the flame is crushed to a finely dispersed phase under the influence of a high-speed gas jet. As*

*can be seen from the above, the heating rate of the finely dispersed water phase is increased up to the gaseous state, which leads to a decrease of the temperature of the flame in its middle combustion zone. Consequently, in the flame temperature will be much lower than the temperature of the flame cone, and, as a result, close to the extinction temperature. The authors recommend the use of modern jet-forming devices to realize this goal – nozzles NRT-5, NRT-10, NRT-20, NRS, as well as hand nozzles of the kind RSK-50, RS-A, RS-B, PROTEK. In order to cool, for example, one horizontal ground steel tank on both sides, it is necessary to use at least two hydraulic guns, which will act as maneuvering. In this case, the flow of*

*water from the hydraulic gun with a diameter of the nozzle 25 mm will be from 16 to 18 liters per second. Therefore, the task is to find, calculate and experimentally prove the efficiency of the thermal screen, which is created in the form of a moving water surface that can effectively protect a particular physical object from the thermal impact of the heat zone. In order to reduce the flow of water to cool the tanks, the authors suggest using the*

*NRS to create radial (flat) water jets. Application of such a nozzle allows to increase the area of simultaneous cooling of the maximum surface area per unit time due to the expansion of the angle of the spray jet spark. The water consumption does not exceed 13 liters per second.*

**Key words:** *heat current; water spray; nozzle; Liquefied Petroleum Gas.*