

Дендаренко Ю.Ю., канд. техн. наук, доц.,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НЦЗУ  
Сенчихін Ю.М., канд. техн. наук, проф.,  
Національний університет цивільного захисту України  
Дивень В.І., канд. іст. наук, доц.,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НЦЗУ  
Блащук О.Д.,  
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НЦЗУ

## ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗПИЛЕНИХ ВОДЯНИХ СТРУМЕНІВ ВІЯЛОВОГО ТИПУ В ЗОНІ ТЕПЛОВОЇ ДІЇ ДИФУЗІЙНОГО ФАКЕЛА ПОЛУМ'Я

Встановлено можливість застосування водяних струменів віялового типу у вертикальній площині з метою захисту від теплового потоку дифузійного факела полум'я, а також у горизонтальній площині для гасіння низових лісових пожеж. Розглядаються різні насадко-розпилювачі, які застосовуються при вирішенні проблеми створення вертикального водяного екрана у вигляді розпиленого водяного струменя віялового типу для захисту від теплового потоку резервуарів ємністю від 500 м<sup>3</sup> до 2000 м<sup>3</sup>, а також для створення розпиленого водяного струменя в горизонтальній площині для гасіння лісових пожеж з низовим характером поширення. З'ясовано, що при детальному розгляді компактного та розпиленого водяних струменів можна спостерігати наявність двох фаз: компактної (активної) та розпиленої (пасивної). У всіх випадках застосування цих струменів для охолодження, зрошення та захисту фізичних об'єктів від теплового впливу факела полум'я використовують тільки активну фазу, оскільки, як показують експерименти у полігонних умовах, тільки ця фаза струменя є суцільним потоком і тому повністю виконує функцію охолодження чи поглинання (екранування) теплової енергії. При гасінні низових лісових пожеж цей фактор вирішального значення не має, тому активно використовується водяний струмінь на повну довжину з максимальним сектором розпилення води. Встановлено, що спосіб, описаний у статті, дозволяє скоротити кількість особового складу підрозділів пожежно-рятувальної служби, який залучається до створення системи водяного захисту, і витрати води в середньому в 4,5 і 4,6 рази відповідно, що на 77% та 78% менше, ніж за традиційною методикою охолодження резервуарів. Розпилений водяний струмінь, створений за допомогою спеціального насадка та встановлений як вертикальна водяна завіса віялового типу при переорієнтуванні у горизонтальну площину спроможний діяти на палаючу площу низової лісової пожежі на довжину до 30 м із сектором розпилення води 47°.

*Ключові слова:* тепловий потік; резервуар; насадок; розпилений водяний струмінь.

**Постановка проблеми.** При існуючому сучасному підході до гасіння пожеж на складах нафти і нафтопродуктів (СНН) захист палаючого та сусідніх з ним резервуарів з нафтопродуктом забезпечується за рахунок подавання на верхній пояс стінок резервуара компактних водяних струменів з метою інтенсивного охолодження їхніх поверхонь, що перешкоджає виникненню температурних напружень метала з наступною втратою конструктивних параметрів (несучих огорожувальних властивостей) досить тонких стінок резервуара.

Внаслідок проливання великої кількості води (близько 15-180 л/с [1]), всередині обвалування групи резервуарів створюється значний шар води, який згодом не дозволяє ефективно маневрувати особовому складу, а у випадку виникнення екстремальної ситуації – швидко залишити небезпечну зону.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженнями встановлено, що за умовами ефективного використання компактного водяного струменя активно бере участь у гасінні та охолодженні фізичного об'єкта приблизно третя частина довжини струменя [1; 3; 5].

На рис. 1 представлено схему компактного водяного струменя з активною I та пасивною II фазами. Нерозривність або суцільність потоку забезпечується тільки в компактній частині струменя. У роздробленій частині струменя відбувається його розрив на великі водяні фрагменти, суцільність струменя порушується і струмінь розширюється. У краплинній частині струменя водяний потік складається з безлічі крапель і струмінь вже представляє краплинно-водяний факел. Така характерна трансформація струменя розглядається в гідравліці [2].

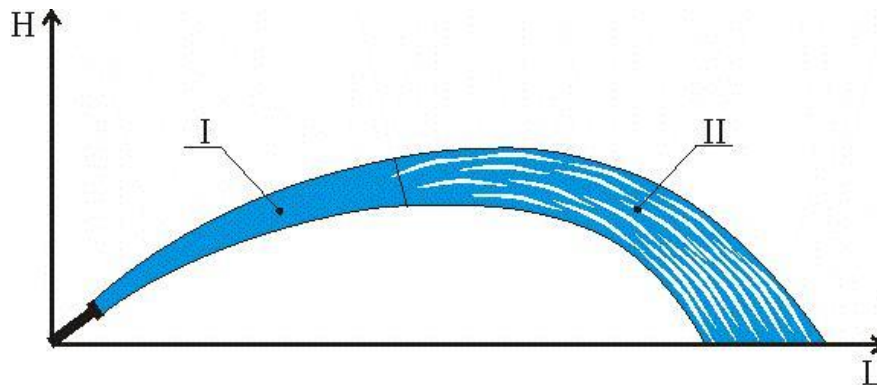


Рисунок 1. Схема компактного водяного струменя з активною I та пасивною II фазами.

Причиною такої трансформації водяних струменів у повітрі є порушення стійкості руху струменя в результаті дії сил інерції і гравітаційних сил. Мізерно малі збурювання на поверхні струменя при виході із сопла створюють поперечні коливання, що під дією сил поверхневого натягу і в'язких сил будуть збільшуватися. При переважному впливі поверхневого натягу і малому впливі сил в'язкості збурювання на поверхні струменя зростають, струмінь розширюється й, у кінцевому рахунку, розбивається на краплі. Якщо в'язкість значна і при русі струменя її тертя об повітря на поверхні превалює над поверхневим натягом, збурювання на поверхні струменя стає синусоїдальним і руйнування струменя прискорюється по мірі збільшення швидкості витікання.

**Постановка завдання.** Завдання даної статті полягає у тому, щоб знайти, дослідити та запропонувати такий спосіб водяного захисту у зоні теплового впливу факела полум'я, який дозволяв би одночасно поглинати теплову енергію факела і витратити при цьому мінімальну кількість води.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Під час гасіння пожеж і здійснення захисних дій (створення водяних завіс) на об'єктах різного призначення застосовують турбінні та щілинні насадки-розпилювачі на пожежні стволи: насадки-розпилювачі віялового типу (РВ-12) – конічний насадок, що сходиться, з металевим екраном на виході струменя для отримання водяної завіси – та насадки-розпилювачі турбінні (НРТ-5, НРТ-10, НРТ-20) – насадки Вентурі. Насадки-розпилювачі НРТ-5, НРТ-10 та РВ-12 встановлюють на ручні стволи РС-70 замість насадків для створення компактних водяних струменів. Насадок-розпилювач НРТ-20 ставлять замість насадка компактного струменя на лафетний ствол ПЛС-20П (ПЛС-20С).

Стволи з насадками НРТ-5, 10, 20 створюють розпилений струмінь на великій відстані, але незначного діаметра (куту розкриття). Крім того, на максимальній відстані від зрізу насадка водяний струмінь втрачає силу інерції потоку і максимально розпилюється (для НРТ-20 ця відстань дорівнює  $\approx 25$ м), що не дає можливості досягти необхідної інтенсивності охолодження борту резервуара (0,2 л/с·м [1]).

Авторами пропонується замість охолодження стінок резервуара компактними водяними струменями створити певний тепловий екран, який забезпечить ефективний

термічний захист металевих стінок резервуара в зоні теплового впливу дифузійного факела полум'я.

На рис. 2 представлена залежність довжини компактного водяного струменя  $H_k$  з лафетного ствола ПЛС-20П (діаметр насадка  $d_H = 25$  мм) від напору на стволі  $H_0$ .

Рис. 2 підтверджує, що досягти максимальної довжини компактного водяного струменя  $\approx 48$  м (крива 1) по останнім краплям можна тільки при напорі 100 м. Враховуючи вищесказане, компактний водяний струмінь ефективно діє у межах  $1/3$  своєї довжини, тобто 16 м, хоча для розрахунків сил і засобів глибина гасіння  $h_r$  для лафетних стволів приймається 10 м. В жодному з цих випадків відділення на пожежній автоцистерні вийти на оперативну позицію на таку відстань до палаючого резервуара не в змозі через існування теплового бар'єру від суцільного фронту полум'я за ним.

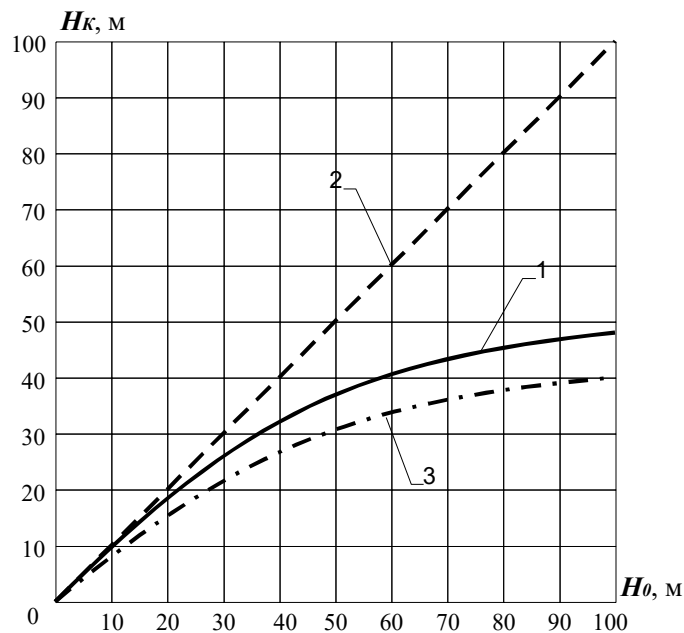


Рисунок 2. Залежність  $H_k$  від  $H_0$  для круглого струменя з лафетного ствола з  $d_H = 25$  мм:

- 1 – фактичні дані;
- 2 – з урахуванням тільки сил поверхневого натягу;
- 3 – з урахуванням тільки сил в'язкості [3; 4].

Крім того, робочий напір на стволі з урахуванням втрат напору по горизонталі (долання водяного потоку сил тертя по пожежним рукавам) і вертикалі (долання сил земного тяжіння швидкісним напором струменя на висоту верхнього поясу резервуара з нафтопродуктом для охолодження) необхідно тримати у межах 70-80 м вод.ст. [1].

Встановлення водяних завіс у вигляді розпилених водяних струменів-екранів перед ствольщиками не є досить ефективною оперативною дією через незначну для даної ситуації висоту їх створення. Згідно з тактико-технічними характеристиками насадків-розпилювачів турбінного та щілинного типів, найвищу висоту водяної завіси створює щілинний розпилювач віялового типу РВ-12 – 8 м [1], а висота полум'я на пожежі може досягати 30 м. Крім того, тепловий потік від факела полум'я на сусідні вертикальних сталевих резервуарів (РВС) падає у такій площині, при якій захист від нього можливий тільки при суворо визначених гідравлічних і геометричних параметрах водяної завіси-екрана (рис. 3).

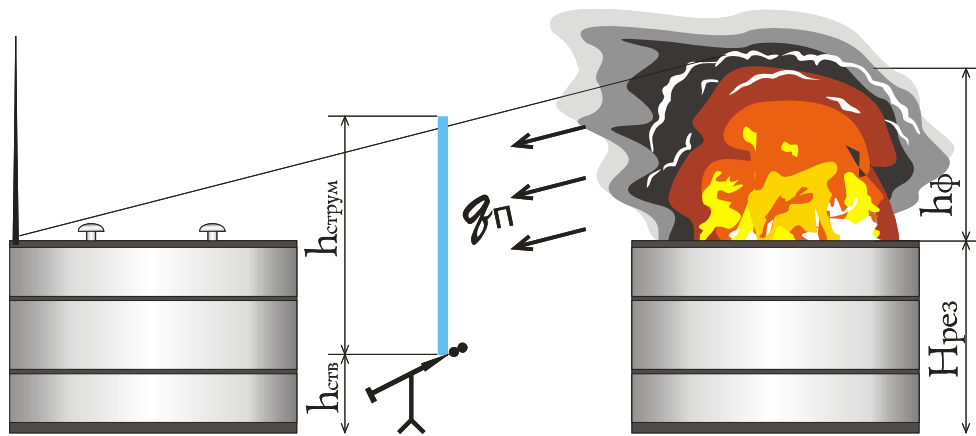


Рисунок 3. Принципова схема захисту резервуара з нафтопродуктом від теплового потоку факела полум'я за допомогою водяної завіси-екрана.

На рис. 3 показано, що відносно повне поглинання енергії теплового випромінювання відбудеться тільки після точного геометричного розрахунку встановлення ПЛС-20П відносно рівня землі та гідравлічного розрахунку параметрів водяної завіси-екрана.

Авторами, а також згідно з [5] встановлено, що водяною завісою, яка створюється спеціальним насадком-розпилювачем на лафетний ствол, встановлений під кутом  $43,5^\circ$  на відстані 6,3 м від резервуару та висоті 2,5 м, при довжині струменя 30 м і куті розпилення  $47^\circ$  можна створити вертикальний водяний екран між палаючим та сусіднім резервуарами для зберігання нафти і нафтопродуктів. В цьому випадку такий екран зможе захистити найбільш небезпечну зону резервуара ємністю до  $2000 \text{ м}^3$  від дії теплового впливу дифузійного факела полум'я палаючого резервуара при відстані між ними 12,6 м.

На рисунку 4 показано запропоновану авторами схему розташування сил і засобів пожежно-рятувальних підрозділів під час виконання операцій теплового захисту резервуарів з нафтою чи нафтопродуктом від потоку теплової енергії дифузійного факела полум'я палаючої ємності № 1. В даному випадку резервуари №№ 2 і 3 є сусідніми, аварійними, тобто ті, які піддаються дії теплового потоку, тому вертикальні водяні завіси-екрани, що встановлені між резервуарами № 1 і № 2, а також між № 1 і № 3 є водяними завісами, які поглинають тепловий потік від факела полум'я резервуара № 1.

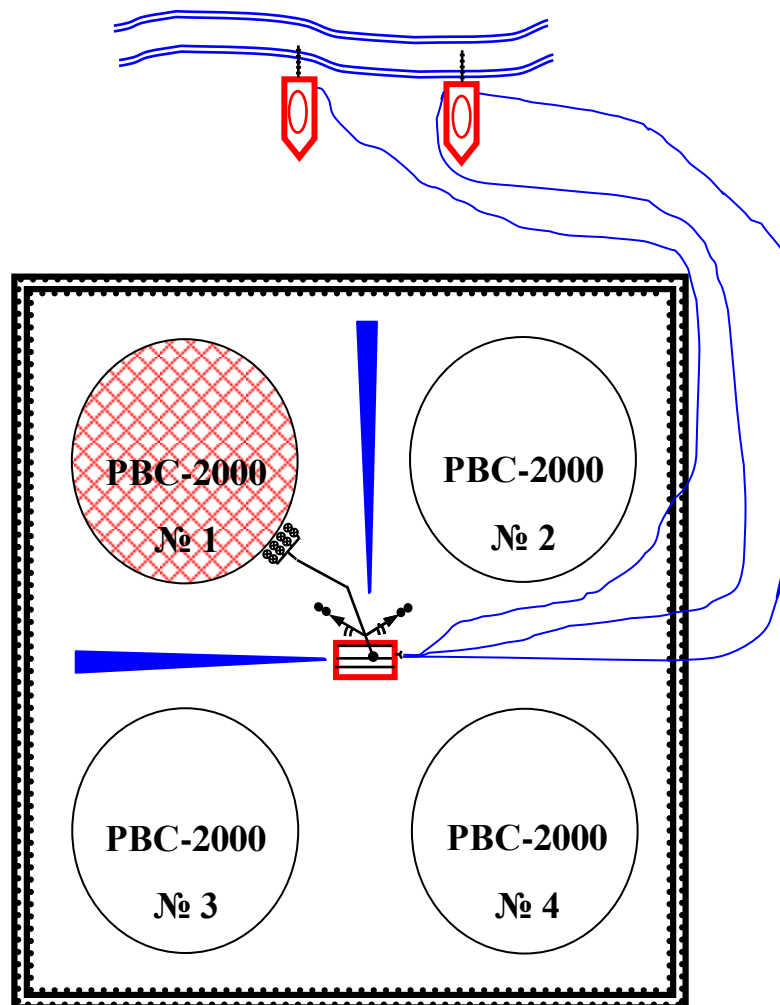


Рисунок 4. Розташування сил і засобів по захисту трьох РВС у групі.

### ***Висновки.***

1. Використання методу поглинання та екранування теплового потоку за допомогою розпиленних водяних струменів в'ялового типу дозволило запропонувати новий спосіб захисту сусідніх з палаючим резервуарів, який, на відміну від традиційного способу, дає можливість здійснити операції по захисту без залучення особового складу підрозділів оперативно-рятувальної служби, оскільки після встановлення необхідних пристроїв присутність ствольщиків на оперативних позиціях відсутня.

2. Встановлено, що даний спосіб (рис. 3; 4) дозволяє скоротити кількість особового складу підрозділів пожежно-рятувальної служби, який залучається до створення системи водяного захисту, і витрати води в середньому в 4,5 і 4,6 рази відповідно, що на 77% та 78% менше, ніж за традиційною методикою охолодження резервуарів.

3. Розпилений водяний струмінь в'ялового типу, встановлений як вертикальна водяна завіса в'ялового типу, при переорієнтуванні у горизонтальну площину спроможний діяти на палаючу площу низової лісової пожежі на довжину до 30 м із сектором розпилення 47°.

***Перспективи подальших досліджень.*** Остаточний висновок про ефективність застосування розпиленого водяного струменя в'ялового типу під час захисту резервуара з нафтою або нафтопродуктом можна робити тільки після проведення моделювання взаємодії елементів системи «палаючий резервуар – радіальний водяний струмінь – сусідній непалаючий резервуар» та порівняння результатів цих розрахунків з результатами експериментів, що є матеріалом наступних публікацій.

### **ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Иванников В.П., Ключ П.П. Справочник руководителя тушения пожара. – М.: Стройиздат, 1987. – 288 с.

2. Чугаев Р.Р. Гидравлика. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1982. – 672 с.
3. Шеренков И.А., Дендаренко Ю.Ю. Верные свободные водяные струи для теплозащиты при пожарах. // Научный сборник строительства. – Вып. 18. – Харьков: ХДТУБА-ХОТВ АБУ, 2002. – С. 293-297.
4. Агроскин И.И., Дмитриев Г.Т., Пикалов Ф.И. Гидравлика. – М.-Л.: Энергия, 1964.
5. Дендаренко Ю.Ю. Радиальные водяные струи-экраны для протипожезного зашиту. Дис... канд. техн. наук: 05.23.16 / Харьковський держ. техн. ун-т буд. та архит. – Харьков. 2004. - 121 с.

## **REFERENCES**

1. Yvannykov V.P., Klius P.P. Spravochnyk rukovodytelia tushenyia pozhara. – М.: Stroiyzdat, 1987. – 288 s.
2. Chuhaev R.R. Hydravlyka. – L.: Enerhoizdat. Lenynhr. otd-nye, 1982. – 672 s.
3. Sherenkov Y.A., Dendarenko Yu.Iu. Verные svobodные vodiane struy dlia teplozashchyty pry pozharakh. // Naukovyi zbirnyk budivnytstva. – Выр. 18. – Kharkiv: KhDTUBA-KhOTV ABU, 2002. – S. 293-297.
4. Ahroskyn Y.Y., Dmytryev H.T., Pykalov F.Y. Hydravlyka. – М.-Л.: Enerhyia, 1964.
5. Dendarenko Yu.Yu. Radialni vodiane strumeni-ekrany dlia protypozhezhnoho zakhystu. Dys... kand. tekhn. nauk: 05.23.16 / Kharkivskyi derzh. tekhn. un-t bud. ta arkhит. – Kharkiv. 2004. - 121 s.