

УДК 621.9.048: 532.55

С.В. Стась, канд. техн. наук

Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля, м. Черкаси

## СПЕЦІАЛЬНІ СТРУМЕНЕФОРМУЮЧІ НАСАДКИ НА ПОЖЕЖНІ СТВОЛИ

*Рассмотрены вопросы влияния вида струеформирующего устройства на свойства получаемой струи, сделано сопоставление результатов компьютерного моделирования и натуральных экспериментов*

*The article deals with the problems of the influence of the type of stream formatting appliance upon the qualities of received stream. The was done the comparison of the computer modeling with the live experiment.*

**Вступ.****Генерування гідравлічних пожежних струменів**

У більшості випадків використання спеціальної аварійно-рятувальної техніки із застосуванням гідравлічних струменів виникає потреба у формуванні таких характеристик рідини, що подається до місця їх використання, які б надавали можливість оптимальним чином розв'язувати складні задачі пожежогасіння. Перед усім йдеться про забезпечення важливих саме в даний час і в даному місці значень витрат рідини, дисперсності сформованого гідравлічного струменя на різних його ділянках, дальності його подачі, форми та площі вогнегасної плями.

Потрібні значення вказаних характеристик струменя забезпечуються особливістю конструкції систем генерування водяних струменів та пожежних стволів й насадок. Значення робочого тиску в системі подачі вогнегасної рідини перед пожежним стволом, як правило, складає 0,3–0,7 МПа, а загалом у засобах пожежогасіння коливається від 0,1 до 4,0 МПа. Струменеформуючі пристрої розрізняються за їх робочими тисками та витратами рідини, які вони забезпечують.

Найбільша дальність подачі вогнегасної суміші визначається за крайніми краплинами при номінальних значеннях тиску та оптимальному в даному сенсі куті позиціонування пожежного ствола. Дальність подачі вогнегасної суміші визначається тиском на вході ствола, його конструктивними особливостями та властивостями рідини, що подається в осередок пожежі. Зменшення дальності подачі струменя відбувається внаслідок його розпоршення.

Явище розтікання і розпаду крапель у газовому потоці досліджували вчені [1–9] та ін.

Моделювання процесів у пожежних стволах детально описано [10], а питання проектування пожежно-технічних та аварійно-рятувальних засобів розглянуто [11].

У деяких випадках, коли використовуються системи пневматичного розпилення рідини, в яких процес дроблення струменя залежить від руху газового середовища, що надає швидкості водяному потоку, немає необхідності створювати високий тиск в системі подачі рідини. В них тиск забезпечує лише подачу потрібної кількості рідини до ствола, а швидкість струменя визначається особливостями системи пневматичного розпилення рідини. За та-

ких умов теоретично напір рідини може бути нижчим 0,1 МПа, а газовий струмінь відіграє роль підсмоктувального пристрою ежекційного типу. У вказаних системах розпилення рідини відключення пожежного ствола (припинення подачі рідини) може здійснюватись припиненням роботи ежекуючого пристрою.

У випадках, коли використовуються системи механічного розпилення рідини, у яких процес дроблення струменя залежить від значення тиску перед стволом, його конструктивними особливостями, витратами та реологічними властивостями рідини, для кращого диспергування рідини зазвичай забезпечуються високі швидкості рідини на виході зі ствола.

**Використання різних типів насадок як струменеформуючих елементів**

Серед струменеформуючих пристроїв прямооточного типу, в яких немає конструктивних елементів, що забезпечували б механічного перекирвання потоку рідини, у роботі досліджувались насадки на пожежні стволи, показані на рис. 1. У першому рядку вказаний тип вихідного отвору, у другому подані типи насадок із конусністю  $\theta$ , що становить 3–13%, у третьому — циліндричні насадки (рис. 1).

На першому етапі досліджували процес формування водяних струменів при тиску на вході ствола 0,6 МПа та витратою рідини 3,7 л/с у програмному комплексі Flow Vision. Чисельне моделювання плинну рідини здійснювалося як для потоку води, так і для 0,1–3% розчинів піноутворювачів, які під час змішування з водою у відповідних співвідношеннях та у випадку використання пожежних стволів та насадок утворюють робочий розчин, здатний генерувати піну. Піноутворювачі належать до одних з найпоширеніших вогнегасних речовин, їх головним компонентом є поверхнево-активні речовини різної хімічної природи і різного походження.

В якості поверхнево-активних речовин було обрано піноутворювачі, що застосовуються при проведенні акцій пожежогасіння підрозділами аварійно-рятувальної служби МНС України. Чисельне моделювання та натурні експерименти проводилися з розчинами «жорсткого» піноутворювача ПО-1, який є типовою вогнегасною речовиною. Вважалось, що вже до моменту подачі вогнегасної

Таблиця 1  
Характеристики вогнегасної рідини, що використовувалася

Номер експерименту	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Піноутворювача, %	0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,2	1,7	2,3	3,0
Тиск на вході, МПа	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6

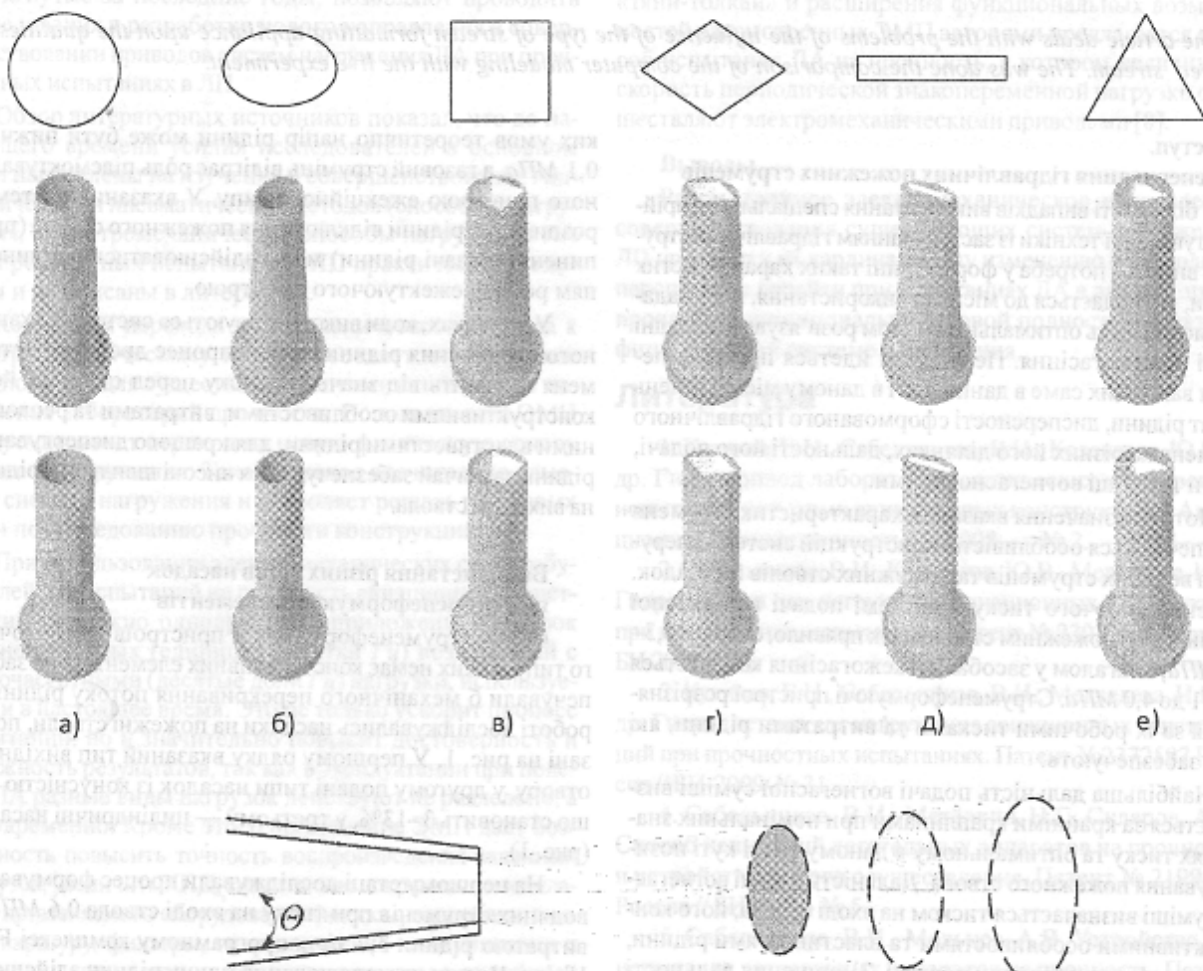


Рис. 1. Типи досліджуваних насадок на пожежний ствол,  $\theta$  — конусність.

рідини у пожежний ствол розчин піноутворювача був рівномірним для будь-якої точки перед входним перерізом внутрішньої порожнини пожежного ствола. В табл. 1 подано відсоткові значення розчинів піноутворювача, що вивчалися на першому етапі досліджень.

Для прикладу визначимо найвигідніші показники для конічної насадки (рис. 1а), для якої обрано наступні значення параметрів:

- швидкість вогнегасної рідини на вході — 1,8 м/с;
- швидкість вогнегасної рідини на виході — 26,4 м/с;
- витрата вогнегасної рідини — 3,5 л/с;

- діаметр вхідного отвору насадки — 50 мм;
- діаметр вихідного отвору насадки — 13 мм;
- довжина насадки — 265 мм;
- конусність внутрішньої порожнини — 4 %.

Такі значення досить близькі до параметрів найбільш поширеного ручного пожежного ствола для внутрішніх пожежних кранів РС-50. Основними характеристиками для круглого отвору є значення коефіцієнтів стиснення  $\varepsilon$ , опору  $\zeta$ , швидкості  $\varphi$  та витрати  $\mu$ . Відповідно до [12] для конічно збіжних насадок (рис. 1, а) рідина при вході стискається менше, ніж у циліндричних, а коефіцієнти швид-

Надійшло 06.12.2010 р.

кості  $\varphi$  та витрати  $\mu$  залежать від кута конусності насадки  $\Theta$ . Найвигіднішим кутом у даному випадку є кут  $\Theta = 13^\circ$ , при якому  $\varphi = 0,97$ ,  $\mu = 0,95$ ,  $\varepsilon = 0,98$ .

Розрахунки проводилися для усіх типів насадок (рис. 1) та усіх значень концентрації піноутворювача у розчині вогнегасної речовини (табл. 1). Природно, що у першому експерименті характер руху рідини у стволі повністю відповідав класичним уявленням про витікання рідини через насадки при постійному напорі, коли в якості рідини вибиралася вода.

Насадки та стволи повинні мати звужуючі або циліндричні внутрішні порожнини для того, щоб компактна частина струменя на їх виході була максимальної довжини. Таким чином, структура струменя, довжина гідродинамічної початкової ділянки [13] і поведінка потоку в його компактній частині залежать від умов формування струменя в струменеформуючих пристроях. Однією з основних вимог, що висуваються до конструкції підвідних каналів силових пристроїв, є забезпечення зниження втрат енергії потоку по довжині каналу, що сприяє створенню ефективних і компактних струменів. Плавне осесиметричне підведення рідини по каналу перед насадком формує струмінь, дозволяє усунути обертання потоку і утворення великих вихорів, які сприяють виникненню циркуляційних і вторинних течій.

Вивчення конструкцій стволів і насадок, що використовуються у пожежній справі, дозволяє умовно поділити їх на групи, опираючись на: параметри початкової ділянки, витрати рідини, вид одержуваного струменя. На рис. 2 показано приклади насадок, що забезпечують однакові витрати, але формують різні типи струменів.

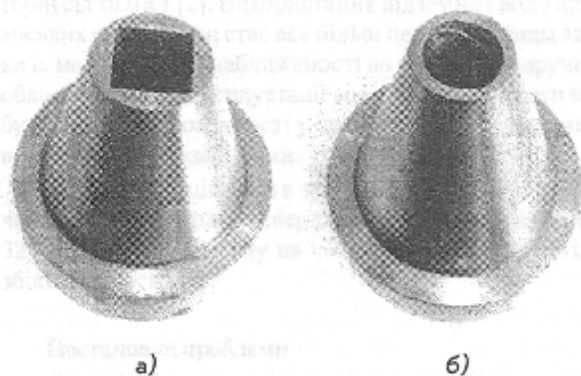


Рис. 2. Приклади насадок Макаревського а) з квадратним перерізом, б) з кругло-гвинтовим перерізом.

При витіканні струменя в атмосферу з різних типів насадок відбувалася зміна форми струменя по його довжині. Явище інверсії струменя в основному зумовлюється дією сил поверхневого натягу на витікаючі криволінійні струмені та різними умовами стиснення по периметру вихідного отвору насадки. Інверсія найбільше проявлялася при витіканні з трикутного отвору.

Отримані результати та висновки

Форми вихідних отворів за однакових розмірів площі поперечного перерізу значно менше впливали на швидкість витікання рідини із насадок, так само як і відсоткове значення піноутворювача у рідині у порівнянні з тим, наскільки вони впливали на дальність подачі гідравлічного струменя.

Так, за результатами експериментів для насадки (рис. 1), було виявлено суттєвий вплив виду вогнегасної суміші на дальність  $L$  генерування вогнегасної хмари (рис. 3), а найбільшу дальність було виявлено при використанні 0,2%-го розчину піноутворювача. При цьому досягається високий рівень відповідності результатів моделювання та проведених експериментів.

Оскільки для створення ефективних пожежогасних струменів на виході стволів, як правило, мають бути стабілізовані потоки, доцільним вважається використання стволів і різних насадок, довжина яких перевищуватиме розмір початкової нестабілізованої ділянки. При цьому довжина початкової ділянки знаходиться у прямопропорційній залежності від значень числа Рейнольдса і діаметра ствола, де у випадку каналу з круглим поперечним перерізом коефіцієнт пропорційності може бути обраний відповідно до [13] у межах 0,16–0,2. Зазначене може бути справедливим за умови, що потік ізотермічний, а рідина нестислива. При аналізі потоку на початковій ділянці для з'ясування впливу на потік рідини сил інерції проводиться порівняння отриманих гідродинамічних параметрів з відповідними величинами, характерними для стабілізованого потоку.

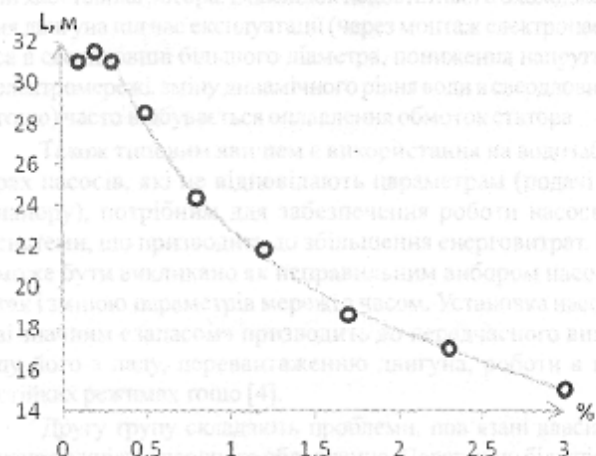


Рис. 3. Дальність подачі гідравлічного струменя за крайніми краплинами при значенні тиску 0,6 МПа для насадки з круглим вихідним отвором.

Перспективи подальших досліджень

Планується провести подібне комп'ютерне моделювання та натурні експерименти з використанням біологічно «м'якого» піноутворювача загального призначення.

«Сніжок-1», розробленого фахівцями УкрНДІПБ і ЗАТ «Інститут «Спецавтоматика»» (м. Луганськ), що виготовляється на вітчизняному підприємстві протипожежного обладнання «Пірена» (м. Северодонецьк).

**Література**

1. Hinze, Y.O. Critical speed and sizes of liquid globules // J. Appl. Sci. Res. — 1948. — 1, №4. — P. 274—288.
2. Gordon G.D. Mechanism and speed of breakup of drops // J. Appl. Phys. — 1959. — 30, №11. — P. 1759—1761.
3. Dodd, K.N. On the disintegration of water drops in air stream // J. Fluid Mech. — 1960. — 9, № 2. — P. 175—182.
4. Simons, G.A. Liquid drop acceleation and deformation // AIAA Journal. — 1976. — 14, № 2. — P. 278—280.
5. Li, M.K., Fogier, H.S. Acoustic emulsification. Part 2. Break up of the carge primary oil droplets in a water madium // J. Fluid Mech. — 1978. — 88, № 3. — P. 513—528.
6. Левич, В.Г. Физико-химическая гидродинамика. — М.: изд. Физ-матлитературы, 1959. — 669 с.

7. Бородин, В.А., Дитягин, Ю.Ф., Ягодкин, В.И. О дроблении сферической капли в газовом потоке // Прикл. мех. и техн. физика. — 1982. — № 1. — С. 65—92.
8. Волинский, М.С., Линашов, А.С. Деформация и дробление капель в потоке газа // Инж. физ. ж. — 1970. — №5. — С. 838—843.
9. Гонор, А.Л., Золотова, П.В. Торможение и деформация жидкой капли в потоке газа // АН СССР. Мех. жидкости и газа. — 1981. — № 2. — С. 58—69.
10. Моделирование процессов в пожарных стволах / Ю.А. Абрамов и др. — Х.: Фолио, 2001. — 194 с.
11. Ларін, О.М., Чернобай, Г.О., Сенчихін, Ю.М., Грінченко, С.М., Калиновський, А.Я. Пожежна та аварійно-рятувальна техніка. Частина 2. Основи проектування пожежно-технічних засобів: Навчальний посібник. — Харків: УЦЗУ, 2008. — 572 с.
12. Левицький, Б.Ф., Лещій, Н.П. Гідравліка: Загальний курс. — Львів: Світ, 1994. — 264 с.
13. Технічна гідродинаміка та гідродинамічні решітки: Посібник // О.М. Яхно, В.М. Матієга, В.Я. Ракович. — Чернівці: Зелена Буковина, 2002. — 264 с.

Надійшла 20.05.2011 р.

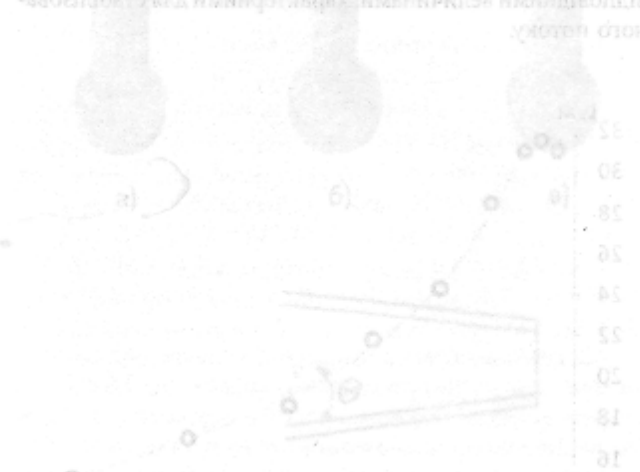


Рис. 1. Тип досліджуваного дослідження

різниця у падінні стовп рідини змінюється. Різниця падіння рідини змінюється. Різниця падіння рідини змінюється.

Для прикладу розглянемо випадок, коли швидкість вогняної рідини — 26,4 м/с, швидкість вогняної рідини — 3,5 м/с.

Внутрішня конструкція ствола і наявність екранів, що встановлені в певних місцях, впливають на формування струменя. Наявність екранів впливає на формування струменя.



Рис. 2. Приклад насадок М'яквасового

Різниця падіння рідини змінюється. Різниця падіння рідини змінюється.

Для прикладу розглянемо випадок, коли швидкість вогняної рідини — 26,4 м/с, швидкість вогняної рідини — 3,5 м/с.