

УДК 614.844

Швидкісні особливості водяного струменя на виході з пожежного ствола

Стась С. В., к.т.н., Колесніков Д. В., к.т.н.

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

Пожежні стволи слугують засобами для генерування вогнегасних потоків, перед усім водяних. Конструктивні особливості пожежних стволів мають забезпечувати потрібні характеристики водяних вогнегасних струменів, а саме дальність їх подачі, довжину суцільного струменя, витрату рідини. Визначальними характеристиками водяних потоків у межах струминоформувального каналу пожежного ствола є розподіл швидкостей та тиску у кожній його точці. Керувати струменями за межами пожежних стволів не має можливості. Тому особливу увагу інженерів-конструкторів слід звертати на створення таких пристроїв, які б дозволили найкращим чином забезпечувати отримання потрібних характеристик вогнегасних струменів в зоні вогнища пожежі ще на етапі їх формування у стволах. Зроблена спроба отримання опису для поля швидкостей руху рідини по всій довжині струминоформувального каналу всередині пожежного ствола і за його межами в компактній частині струменя.

Ключові слова: водяний струмінь; пожежний ствол; швидкість

На рис. 1. показано картину руху й розпаду струменя відповідно до моделі, запропонованої Леу М. К. та співавт. [1] та уточненої Лю Х. [2].

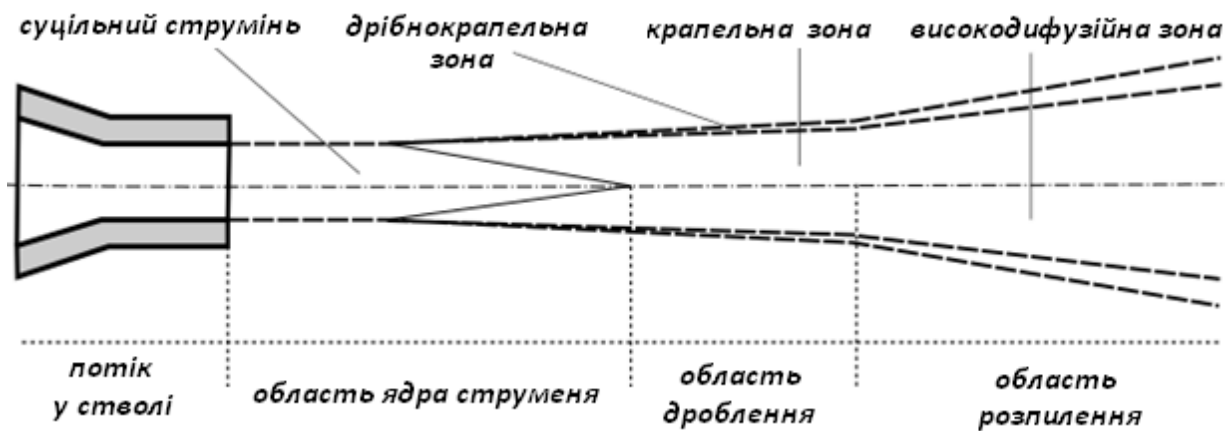


Рис. 1. Картина руху й розпаду струменя, сформованого пожежним стволом [3]

За допомогою високошвидкісної камери Лю Х. зі співавт. отримали і проаналізували зображення струменів рідини, сформованих пожежним стволом (монітором) при різних значеннях вихідного тиску [2]. Був проведений кількісний аналіз для струминної течії та проаналізовано чинники, що впливають на розширення струменя (зміна діаметра струменя в залежності від відстані від сопла ствола). Стверджується, що при однаковій відстані від ствола безрозмірне $D_x d_0^{-1}$ зростає зі збільшенням вихідного тиску (рис. 2), де D_x – діаметр струменя на відстані L_x від ствола, d_0 – діаметр вихідного отвору ствола. При постійному тиску і зростанні відстані, $D_x d_0^{-1}$ спочатку збільшується, а потім зменшується. Причина в тому, що під час витікання води із сопла ствола, через вплив опору повітря, струмінь починає

розсіюючись розширюватися. Далі, у міру збільшення відстані зовнішнє розпорощення струменя продовжує збільшуватися, відбираючи частину рідини від основного потоку до тих пір, поки останній не зникне.

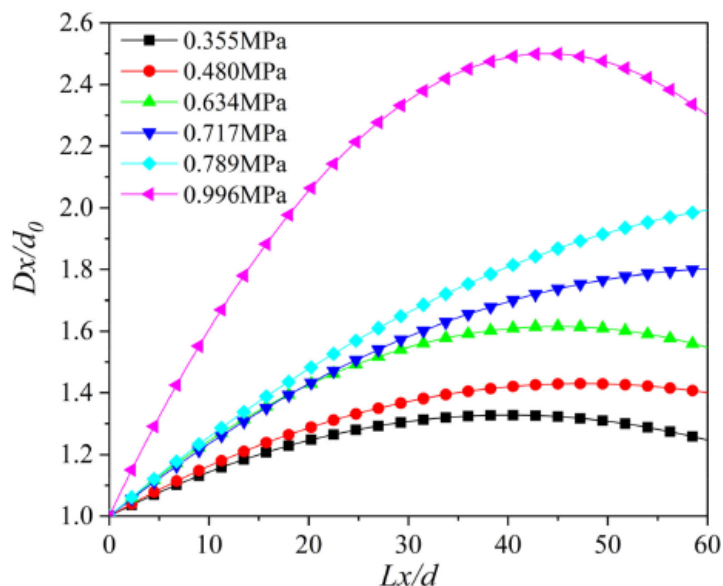
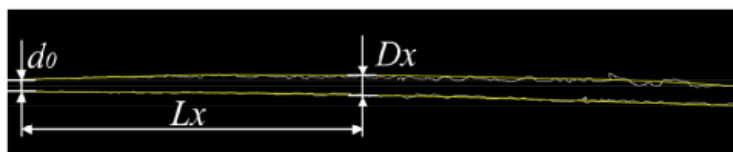


Рис. 2. Залежність для діаметра струменя відповідно до відстані від ствола при різних тисках, отримана Лю Х. [2].

Як видно із рис. 2, струмінь, сформований пожежним стволом має суттєві відмінності від струменів, що застосовуються, наприклад для різання матеріалів. Передусім це можна пояснити значно нижчими швидкостями руху й вищими витратами рідини у струменях, що застосовуються для пожежогасіння. Відповідно до цього картина руху рідини у струмені в зоні виходу з пожежного ствола має певні особливості, що можна продемонструвати таким чином. На гідродинамічній початковій ділянці в стволі поперечний переріз ядра епюри швидкостей постійно зменшується по довжині струминоформувального каналу. Далі ядро зникає, що свідчить про стійкий рух рідини. Таким чином, в зоні виходу струменя зі ствола плин рідини залишається стійким.

Довжина гідродинамічної початкової ділянки залежить від діаметра внутрішнього каналу ствола і числа Рейнольдса. Оскільки струмінь на виході зі ствола не має твердих меж, в ньому відбувається перерозподіл швидкостей, що й формує її гідродинамічну початкову ділянку. У струмені з'являється ядро, а по периметру її поперечного перерізу – зона переходу від локальної швидкості до «0» у навколишньому середовищі. За певних умов можна стверджувати про деяку подібність гідродинамічної початкової ділянки у вхідній зоні ствола та на його виході.

Оскільки для створення ефективних вогнегасних струменів на виході стволів, як правило, повинні бути стабілізовані потоки, доцільним вважається використання таких стволів і різних насадок, довжина яких буде перевищувати розмір початкової нестабілізованої ділянки [4,5].

При цьому довжина початкової ділянки $\Delta L_{\text{пд}}$ перебуває в прямопропорційній залежності від значень числа Рейнольдса Re й діаметра ствола d_0

$$\Delta L_{\text{пд}} \sim Re \sim d_0 ,$$
$$\Delta L_{\text{пд}} = \text{const } Re \cdot D ,$$

де у випадку каналу із круглим поперечним перерізом внутрішнього каналу пожежного ствола коефіцієнт пропорційності може бути обраний у діапазоні 0,16...0,2.

Зазначені результати можуть бути реалізовані при проектуванні нових та удосконаленні існуючих конструкцій пожежних стволів та насадок [6].

Список літератури

1. M. Leu et al., "Mathematical Modeling and Experimental Verification of Stationary Waterjet Cleaning Process," Journal of Manufacturing Science and Engineering, American Society of Mechanical Engineers (ASME), 120 (3), Jan 1998., 571-579. <https://doi.org/10.1115/1.2830161>.
2. X. Liu, J. Wang, B. Li, and W. Li, "Experimental study on jet flow characteristics of fire water monitor," The Journal of Engineering, vol. 2019, no. 13, pp. 150–154, 2019. <https://doi.org/10.1049/joe.2018.8950>.
3. Стась С. В. Особенности распределения скорости и давления водяной струи на выходе из пожарного ствола или насадки / С. В. Стась, О. М. Яхно, Е. В. Лаврухин. // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: "Гідравлічні машини та гідроагрегати". – 2020. – №1. – С. 31–35. doi: 10.20998/2411–3441.2020.1.05.
4. Стась С. В. Особенности пульсационного течения жидкости в цилиндрических насадках / Н. Г. Шкарабура, С. В. Стась // Вісник Черкаського державного технологічного інституту. – 2004. – №2. – С.68–71.
5. Стась С. В. Аналіз системи генерування струминних потоків, що застосовуються в пожежогасінні / С. В. Стась // Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування. – 2011. – №63 – С.240–243.
6. Пат. 146639 У України, МПК А62С31/00. Пожежний ствол./ Стась С.В., Колесніков Д. В., Яхно О.М., Луговський О.Ф., Ночніченко І. В./ Заяв. 22.05.2020, Опубл. 10.03.2021. Бюл. №10. – 5 с.