

## АНАЛІЗ ЧИННИКІВ ВПЛИВУ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖЕЖНОГО СТРУМЕНЯ

*Проведен анализ влияния угла позиционирования ствола и реологических особенностей жидкости пожарной струи на дальность подачи огнетушащей смеси. Рассмотрены вопросы создания стенда для исследования свободных гидравлических струй. Предложено производить оценку интенсивности процесса горения с помощью объемной картины пожаротушения. Представлены характеристики экспериментального стенда генерирования гидравлических струй.*

*The analysis of influence of positioning the angle of fire trunk and rheological characteristics of liquid jet to its distance is realized. The questions of installation forming for the investigation of free hydraulic streams are dealt. It is offered to evaluate the intensity of the ignition process with the help of a detailed picture of firefighting. The characteristics of the experimental equipment of the hydraulic flows generating are given.*

### Вступ. Особливості вивчення пожежних струменів.

У роботі йдеться про клас незатоплених гідравлічних струменів у повітряному середовищі. Питанням розрахунку траєкторій пожежних гідравлічних струменів приділяли багато уваги Кошмаров Ю.А., Ольшанський В.П., Кравчуновський В.П. Так, проф. Ольшанський В.П. пропонує розглядати динаміку частинок рідини і будувати траєкторію їх руху [1]. Для потреби оперативних підрозділів МНС України використовуються засоби, здатні генерувати зазначені струмені, з тиском до 1,0 МПа (іноді до 4,0 МПа) і витратою до 40 л/с від однієї одиниці автотехніки. Формування таких потоків у пожежній справі здійснюється шляхом подачі води або спеціальних розчинів під тиском від автоцистерни через струменеформуючі пристрої. У більшості випадків у якості останніх застосовуються пожежні стволи або насадки. Прийнято називати насадками такі конструкції, в яких діаметр вихідного отвору  $d$  не менше  $1/4$  довжини внутрішнього каналу  $L$ , в іншому разі пристрої називають стволами.

$$L \geq 4 \cdot d \text{ - ствол,}$$

$$L < 4 \cdot d \text{ - насадка.}$$

Більшість акцій пожежогасіння обмежуються використанням одним-двома стволами типу В з витратою до 7,4 л/с (2-3,7 л/с). Вирішальне значення для ефективності процесу гасіння пожеж, окрім зниження температури зони горіння, хімічного гальмування реакції горіння (інгібування), розбавлення реагуючих речовин (зменшення концентрації) та ізоляції палаючих речовин, має прийняте керівником гасіння пожежі рішення про інтенсивність пожежі, і, як наслідок, про необхідний тип і кількість вогнегасної речовини. Отримання необхідних параметрів речовини, що подається, здійснюється шляхом вибору і забезпечення підтримки певних параметрів вогнегасних струменя або хмари. Технічно це досягається встановленням таких параметрів роботи гідравлічної схеми пожежного автомобіля, при яких струмінь буде мати необхідні в даному місці і в даний час характеристики.

Розглядаючи процес гасіння пожежі, теоретично можна було б отримати об'ємну картину гасіння [2]. У такому випадку вся область гасіння розбивається на велику кількість комірок, кожна з яких повинна описуватися набором характеристик. У нашому випадку розглянемо лише кількість тепла  $Q_x^{ex}(t)$ ,  $Q_y^{ex}(t)$ ,  $Q_z^{ex}(t)$ , яке надходить у комірку в момент часу  $t$ , з сусідніх комірок, і виділяється, передається або генерується нею  $Q_x^{gux}(t)$ ,  $Q_y^{gux}(t)$ ,  $Q_z^{gux}(t)$ . Відбір тепла з комірки може бути здійснено при реалізації технології використання потужності охолодження зони горіння під час гасіння пожежі вогнегасною речовиною (водою). При цьому потрібно визначити інтенсивність подачі вогнегасної речовини та її дисперсність. Дисперсійне середовище комірки, як частина її дисперсної системи повинне заповнюватися сукупністю частинок роздробленої речовини-рідини. При цьому, важливе значення має напрям подачі вогнегасної речовини і розрахунковий напрям відбору тепла від осередку пожежі. Враховуючи вищесказане, слід особливу увагу звертати на можливість подачі потрібної кількості вогнегасної речовини при її певній інтенсивності та володіти потрібною дисперсністю.

**Характеристики струменя:** Характеристики струменя залежать від речовини потоку рідини, конструкції струменеформуючого пристрою, особливостей генерування потоку.

Гідравлічний струмінь низького тиску може бути умовно поділений на 3 ділянки: компакту, роздроблену і розпилену. У літературі існує як більш детальний опис струменя, так і його подання тільки у вигляді нерозпиленої і розпиленої ділянок. Фактично розпад струменя починається відразу ж після його виходу з струменеформуючого пристрою, але оскільки на компактній ділянці струменя він мінімальний, можна говорити про те, що потік ще якийсь час повторює рух у стволі [3]. Чисельно виділити різні ділянки струменя можна, якщо встановити значення

відношення діаметрів нормальних перерізів до напрямку руху крапель струменя до діаметру вихідного отвору (рис. 2). Так, для компактної частини воно повинне бути не нижче 0,85 (за пропозиціями Кошмарова Ю.А. [4] – 0,75); для роздробленої - 0,35 ... 0,85; для розпиленої – менш ніж 0,35.

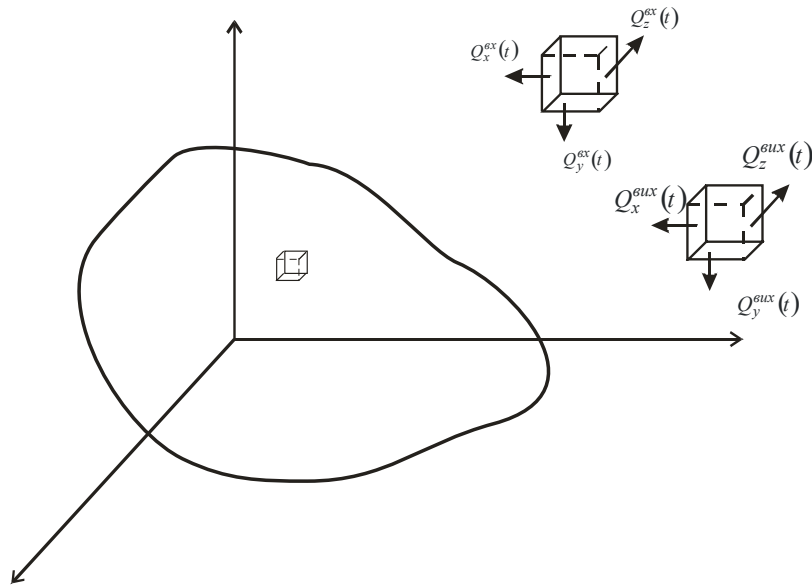


Рис. 1. Область гасіння та розрахункова комірка

Якщо струмінь циліндричний з радіусом  $R$  і швидкість його виходу зі ствола складає  $U_0$ , то слід враховувати і той факт, що навколишнє середовище може бути джерелом початкових збурень (турбулентності, вібрації ствола і т.п.). У цьому випадку основними характеристиками процесу розпаду струменя є довжина його компактної частини і розміри крапель, які утворюються.

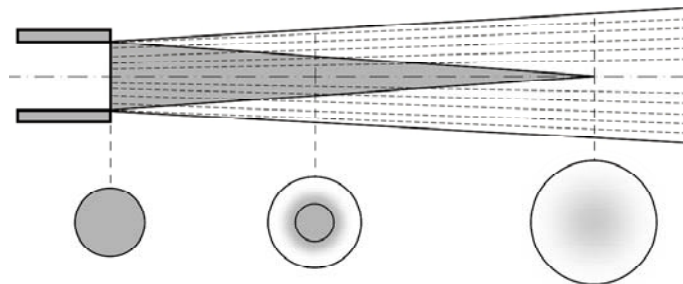


Рис. 2. Виділення ділянок гідравлічного струменя

Довжина суцільної частини визначається величиною  $Z$ . Оскільки задача розглядається симетрична, то рівняння руху рідини в струмені можна записати наступним чином:

$$\frac{\partial U_Z}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\mu}{\rho} \cdot \left[ \frac{\partial^2 U_Z}{\partial z^2} + \frac{\partial}{\partial r} \left( \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot U_Z) \right) \right],$$

$$\frac{\partial U_Z}{\partial t} = -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial r} + \frac{\mu}{\rho} \cdot \left[ \frac{\partial^2 U_Z}{\partial z^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} \left( r \cdot \frac{\partial U_Z}{\partial t} \right) \right],$$

де  $U_Z$  та  $U_Z$  - складові вектори швидкості в циліндричній системі координат;  $p$  - тиск.

Рівняння неперервності середовища для цього випадку набуває вигляду:

$$\frac{\partial U_Z}{\partial z} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot U_Z) = 0.$$

Відповідно до робіт В.Г. Левича [5], рівняння вільної поверхні струменя описується формулою

$$r = R + c(z, t).$$

Для досягнення мети вивчення факторів, що впливають на характеристики струменя, була сконструйована установка генерування водяних струменів.

Таблиця 1

Технічні характеристики експериментального стенду генерування водяних потоків			
Силовий блок		Водяний насосний блок низького тиску	
перетворювач частоти струму, Гц	0...100	продуктивність, л/с	13,3
електродвигун асинхронний:		тиск, МПа	1,0
потужність, кВт	16	ккд	0,8
частота обертання вала, об/хв	0...6000	<b>Блок позиціонування ствола</b>	
частота мережі, Гц	50	діапазон зміни кута, град	0...90
напруга мережі, Вг	380	точність позиціонування, град	0,5
ступінь захисту струмовведення IP55	клас ізоляції F	рекомендована висота установки ствола, м	0,8

Результати експериментів і зіставлення їх з відомими залежностями. Перші експерименти, що проводились із використанням експериментальної установки генерування водяних струменів, були спрямовані на отримання залежності дальності і висоти струменя відповідно до умов її подачі.

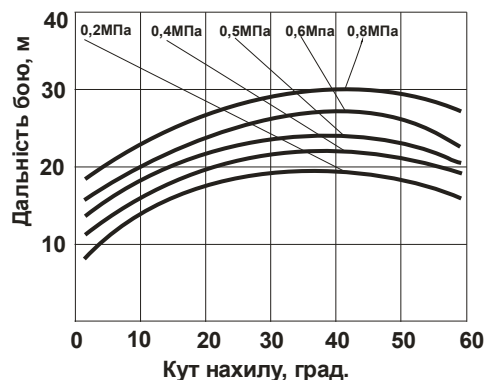


Рис. 3. Залежність дальності бою ствола від кута нахилу ствола при різних значеннях напору  $H$

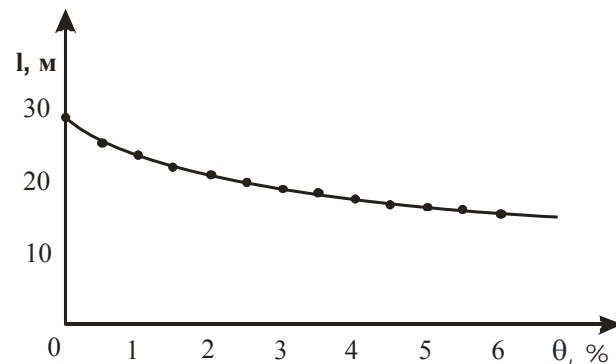


Рис. 4. Максимальна дальність подачі струменя при зміні відсотка розчину піноутворювача

Іншим важливим чинником впливу на характеристики пожежного струменя, що досліджувався, була в'язкість рідини. Так, спочатку в експериментах досліджувалися гідравлічні струмені без домішок (рідиною була вода, рис. 3). Поступово змінюючи рідину струменя від 1% до 6% водного розчину пожежного піноутворювача, були отримані експериментальні залежності дальності подачі струменя при зміні відсотка  $\theta$  розчину піноутворювача (рис. 4).

**Висновок.** У роботі досліджувався вплив реологічних особливостей рідини та кута її подачі на дальність генерування водяного струменя. Використання методики поділу всієї області гасіння на невеликі об'єми-комірки, кожна з яких повинна описуватися набором характеристик генерування або поглинання тепла, дає змогу покращити деталізацію зон горіння та встановити вимоги щодо інтенсивності генерування водяної хмари в ту чи іншу зону горіння.

Встановлено, що при використанні розчину стандартного піноутворювача ПУ-6А, що застосовується в пожежній охороні, відбувається суттєве зменшення дальності подачі струменя.

Так, у випадку використання 6%-го розчину ПУ-6А та значенні робочого тиску в системі подачі вогнегасної рідини перед пожежним стволом 0,6 МПа, максимальна дальність струменя зменшилася більш як у 2 рази в порівнянні із випадком використання води, й склала 15,2 м.

Разом із тим, залишається недослідженим питання генерування водяних струменів у випадку низьких концентрацій піноутворювача. В подальшому будуть здійснені експерименти, метою яких є в'яснення залежності дальності генерування водяних струменів при концентраціях піноутворювача, що не перевищує 2%.

#### Список літератури.

1. Ольшанский В.П., Халыпа В.М., Дубовик. О.А. Приближенные методы расчета гидравлических пожарных струй.- Харьков: Митець, 2004.- 113 с.
2. Пузач С.В. Математическое моделирование газодинамики и тепломассобмена при решении задач пожаровзрывобезопасности. Монография. - М.: Академия ГПС, 2002. - 150 с.
3. Технічна гідродинаміка та гідродинамічні решітки // Яхно О.М., Матієга В.М., Ракович В.Я.: Посібник. - Чернівці: Зелена Буковина, 2002. — 264 с.
4. Гидравлика и противопожарное водоснабжение. / Под ред. Ю.А. Кошмарова. ВИПТШ МВД СССР. -М., 1985. -383 с.
5. Левич В.Г. «Физико-химическая гидродинамика» изд. физ-мат. литературы., М. 1959, 669с.