

СЕКЦІЯ 4

ГІДРОМЕХАНІКА, РОБОЧІ ПРОЦЕСИ В РІДИНАХ І ГАЗАХ

УДК 614.844; 331.45

**О. М. Яхно¹, д.т.н., професор,
С. В. Стась², к.т.н., доцент,
Д. В. Колесніков², к.т.н.**

¹ Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

² Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України

СТВОРЕННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДЯНИХ СТРУМЕНІВ

У Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України близько 10 років тому була створена установка для дослідження різного роду струменів, що застосовуються засобами протипожежної техніки у нашій державі. Перед усім йдеться про пожежні автомобілі а також різного роду розподільчі пристрої, які забезпечують необхідні витрати водної вогнегасної речовини, як то автоматичні системи водяного пожежогасіння для протипожежного захисту об'єктів.

Подібного роду дослідження можуть бути корисними в системах зрошення, що використовуються у системах охолодження різноманітних небезпечних об'єктів, в протипожежній техніці (стаціонарних системах водяного і пінного пожежогасіння), протипожежних автомобілях, пожежному устаткуванні, для захисту персоналу, різних випадках охорони праці тощо. Складність вирішення подібного типу задач полягає в тому, що при розподілі рідини вздовж трубопроводу, рух у його магістральній частині є нестабілізованим, тобто при розрахунку втрат енергії виникає необхідність враховувати вплив сил інерції від конвективного прискорення. Особливо актуальними є дані для опису течій аномально в'язких рідин, у яких реологічні властивості можуть змінюватись залежно від зміни витрати.

При таких умовах можлива суттєва зміна гідравлічного опору, як в центральній магістралі, так і живильному трубопроводі і у встановлених вздовж неї насадках. В свою чергу подібні зміни впливають на характер, розміри і параметри струменів, що створюються. Враховуючи дані фактори, виникла необхідність фізичного моделювання гідродинаміки подібних течій з метою корегування результатів відомих досліджень, що не завжди дають змогу отримувати коректні результати. Створення зазначеної установки було покликане сприяти вирішенню даної задачі.

Установка постійно удосконалювалася та застосовувалася як окремо так із додатковими експериментальними стендами. Нинішній зовнішній вигляд установки і його елементів представлені на рис. 1, а саме – силовий модуль, модуль позиціонування ствола, система трубопроводів, живильні та розподільчі рукава, ємність для води та водних розчинів, модуль курування силовою установкою та запису й обробки результатів експериментів.

Установка дозволяє проводити дослідження пов'язані з течією в'язких рідин в насадках різного типу та пожежних стволах. Основним елементом стенда є насосна установка, яка включає в себе асинхронний трифазний електричний двигун потужністю 18 кВт та відцентровий рідинний насос, що може забезпечити витрати до 800 л/хв з напором до 100 м і дозволяє проводити дослідження, як при ламінарному, так і при турбулентному режимах течії. Насосна установка, через гідравлічну систему (витратомір, датчик тиску, напірні трубопроводи), зв'язана зі струменеформуючими насадками (пожежними

стволами), які можуть бути встановлені під різними кутами нахилу, по відношенню до горизонту, за допомогою спеціальної системи точного позиціонування пожежного ствола.

Приладна техніка, що використана в системі керування стендом, дозволяє проводити вимірювання основних параметрів потоку в живильному трубопроводі (коефіцієнтів швидкості і витрати) в залежності від параметрів струменя, що утворюється. Витратомір (перетворювач витрати рідини) електромагнітний SDM-1 – мікропроцесорний прилад, який вимірює витрати електропровідної рідини, що протікає в закритому трубопроводі і перетворює їх в пропорційний нормований електричний сигнал з похибкою 1% від витрати, в межах 65-0,26 м³/год.



Рисунок 1 – Установка для дослідження водяних струменів

Керування електричним двигуном здійснюється за допомогою частотного перетворювача Danfos VLT 6000 HVAC, а необхідні обчислення отриманих результатів досліджень проводились за допомогою комп'ютерного стенду з унікальним програмним забезпеченням.

Також був створений стенд, робочу частину якого являє трубопровід, що дозволяє моделювати течію в'язкої і аномально-в'язкої рідини зі змінною вздовж потоку масою. Тип мережі обирається шляхом перекриття кранів на живильних трубопроводах. Стенд складається з системи пластикових трубопроводів з розміщеними на ній дренчерними зрошувачами. Подачу води до зрошувачів забезпечує відцентровий насос з ємності місткістю 1 м³. Вода подається в кільцеву мережу до встановлених на ній зрошувачів. Умовний прохід зрошувачів може змінюватись і становить 8 або 10 мм.

Витрати рідини з насадків (дренчерів) вимірювалися об'ємним методом, а встановлені навпроти них манометри дали можливість побудувати залежності зміни тиску в насадках від фіксованої витрати з них вздовж трубопроводу та провести розрахунок їх характеристик. Аналогічно прямолінійним трубопроводам, подібні дослідження можна провести в криволінійних трубопроводах.

Таким чином, в результаті експериментів які були проведені за допомогою установки та стенду отримано дані по всім основним характеристикам потоку (при заданих

геометричних параметрах), а саме: витрати Q в магістралі, витрати q в насадках, тиску P в різних точках системи, дані розрахунку зміни середньої швидкості потоку $U_{\text{сер}}$ вздовж розподільчого трубопроводу і як наслідок градієнта швидкості γ , що надзвичайно важливо для ньютонівського середовища.



Рисунок 2 – Стенд, що дозволяє моделювати течію рідини із змінною вздовж потоку масою

У більшості випадків у теоретичних моделях в якості рівнянь руху використовується рівняння Мещерського І. В., для руху тіла зі змінною масою, на основі даного рівняння отримано закон розподілу тиску в трубопроводах при наявності та відсутності транзитних витрат. Аналіз наведених результатів експерименту дозволив на основі π -теореми встановити основні критерії, що характеризують даний гідродинамічний процес. Аналізуючи властивості поверхнево-активних речовин, що використовуються при пожежогасінні, були отримані реологічні характеристики деяких водних розчинів. Дослідження реологічного стану рідини виконувалося на ротаційних віскозиметрах типу Rheotest-2, який дає можливість вимірювати динамічну в'язкість у межах градієнтів швидкості 10^{-2} - 10^5 пуаз в діапазоні швидкостей зсуву від $0,2 \text{ c}^{-1}$ до $1,8 \cdot 10^3 \text{ c}^{-1}$ з похибкою 3-4 % в залежності від вимірювального пристрою, що використовується. Вимірювання в'язкості проводилось у робочому діапазоні температур $0^\circ \text{ C} \leq T^\circ \text{ C} \leq 30^\circ \text{ C}$.

Використовуючи установку був отриманий базис експериментальних даних, а опрацьовані результати дозволили рекомендувати нову методику розрахунку водяних стаціонарних систем пожежогасіння та їх окремих елементів, яка враховує зміну маси рідини за довжиною трубопроводу у випадку наявності розгалужень, а також запропонувати пропозиції щодо внесення змін та доповнень до нормативних документів, які регламентують питання проектування зазначених систем.

Література

1. Дестабилизация потока в канале с изменяющимся по длине рас ходом / Д. В. Колесников, О. М. Яхно, Н. В. Семинская, С. В. Стась // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 3/7(69). – 2014. – С. 45–49.
2. Стась С. В. Про створення установки дослідження водяних струменів / С. В. Стась // Пожежна безпека. – 2008. – № 12. – С. 7–13.
3. Hydrodynamic streams in the flat two-layer currents / S. Stas, O. Yakhno // Technical University of Gabrovo, ISC UniTech. – 2012. – V.II. – P. 225–228.
4. Пат. 58516U України, МПК А62С 31/00. Пожежний ствол / Колесніков Д. В., Стась С. В., Кришталь В. М., Яхно О. М., Луговський О. Ф. ; Заявник і патентовласник Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України / Заяв. 09.11.2010, опубл. 11.04.2011. – Бюл. № 7. – 3 с.