УДК 614.84 621.9.048

Особливості руху води та водних розчинів піноутворювачів через рукавні розгалуження

Moving features of water and aqueous solutions of foaming agent through the branching

С. В. Стась, *канд. техн. наук*
Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, Черкаси, Україна

Мета. Визначити вплив рукавних розгалужень у системі генерування струминних потоків на базі пожежної автоцистерни на гідравлічні втрати, значення тисків й витрат рідини.

Методи дослідження. Застосовані методи прямого аналізу і синтезу з виявленням властивостей окремих частин об'єкта та фіксації відомостей про нього, зворотний аналіз і синтез використаний для вивчення сутності досліджуваного явища й припущенні про роль розгалуження як місцевого понижувача напору. Закон тотожності пропонується для визначення втрат напору при користуванні схемою, коли кожен елемент може бути замінений на еквівалент по довжині гладкої труби.

Результати. Досліджено, як змінюється значення тиску вздовж системи генерування струминних потоків на базі пожежної автоцистерни. Оскільки нині при застосуванні рукавних розгалужень йдеться лише про необхідність врахування їх коефіцієнтів гідравлічного опору, а їх значення надаються без пояснень, запропоновано провести дослідження найуживаніших типів розгалужень з метою виявлення особливостей, що є визначальними факторами впливу на значення коефіцієнтів гідравлічного опору. Оскільки дана робота є початковою із серії робіт, які планується присвятити дослідженню особливостей проектування та застосування рукавних розгалужень, то в подальшому планується здійснити комп'ютерне моделювання процесу перебігу рідини через основні типи рукавних розгалужень, а також провести відповідні натурні експерименти.

Висновки. З позиції розрахунку напору в усій системі струминних потоків, можна стверджувати, що рукавні розгалуження відіграють роль місцевого понижувача напору. При проведенні дослідження різних типів розгалужень акцент має бути зроблено на урахуванні їх конструктивних особливостей, а саме геометричних розмірів, кута зміни напрямку руху рідини, наявності зон раптового звуження. Проведення аналізу результатів подальших натурних експериментів з використанням рукавних розгалужень сприятиме наданню рекомендацій щодо визначення, врахування й, можливо, коригування значень коефіцієнтів місцевого опору різних типів рукавних розгалужень.

Ключові слова: рукавне розгалуження, коефіцієнт гідравлічного опору, струминний потік, вогнегасна рідина, втрата напору.

Вступ

Для гасіння пожеж найчастіше використовується спеціальне обладнання, що забезпечує подачу засобів гасіння від вододжерела чи пожежного насосу до зони горіння. До такого обладнання передусім відносять водорукавні збирачі, пожежні гідроелеватори та колонки, пінозмішувачі, всмоктувальні сітки, з'єднувальні головки та рукавні розгалуження. Застосування того чи іншого обладнання визначається для кожного окремого випадку пожежогасіння керівником гасіння пожежі, рішення опирається на відомі дані щодо оперативної обстановки на пожежі, задіяного персонального складу пожежного підрозділу, наявних засобів пожежогасіння та досвіду керівника.

Останні дослідження та публікації

У більшості випадків при застосуванні протипожежної техніки йдеться про пожежні автомобілі основного призначення, що використовуються для доставки до місця пожежі засобів гасіння, пожежного устаткування та особового складу для наступної ліквідації пожежі за рахунок привезених до місця надзвичайної ситуації сил і засобів [1].

Ефективність застосування протипожежної, аварійно-рятувальної техніки й обладнання, які використовуються під час виконання завдань цивільного захисту, залежать від об'єктивного врахування особливостей кожного із елементів системи генерування струминних потоків, спрощений варіант загальної схеми якої показано на рисунку 1.

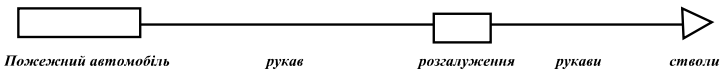

Рисунок 1 — Подання досліджуваної системи генерування струминних потоків

Важливо, що кожний із елементів системи генерування струминних потоків так чи інакше впливає на значення тиску вогнегасних засобів на виході пожежного ствола.

Так, для випадку високоефективного пожежогасіння визначальними є забезпечення на виході пожежного ствола струменя з потрібними у кожному конкретному випадку характеристиками витрат вогнегасних засобів (як правило, води або розчинів піноутворювачів) та значення тиску.

На думку Франка Майєрса (Frank R. Myers), автора видань *Fireengineering ma Fire Apparatus*, що упродовж більше тридцяти років працював у навчальному пожежно-рятувальному центрі міста Майамі (Флорида) й займався підготовкою майбутніх водіїв автоцистерн, однією із найбільших проблем є необхідність напрацювання навиків оперативного розрахунку необхідного значення напору на насосі та на пожежному стволі [2]. Складність полягає у тому, що потрібно враховувати особливості у кожному конкретному випадку пожежогасіння, а саме кількість та типи розгалужень й рукавів, довжину рукавних ліній, рівень витрат вогнегасної рідини на стволах тощо. Помилка у розрахунках передусім призводить до зниження ефективності пожежогасіння й зайвих витрат вогнегасних рідин. Тому за участі Ф. Майєрса було проведено розрахунки для різних типів рукавів та схем їх застосування.

Функціонування стволів (насадок) зазвичай визначається значеннями робочого тиску та витратами рідини на них [3, 4]. На рисунку 1 показано, яким чином змінюється значення тиску впродовж системи генерування струминних потоків (рисунок 2). Серед елементів, що суттєво впливають на втрати тиску, виділимо рукавні розгалуження, які призначено для розподілу вхідного потоку вогнегасних засобів, що надається пожежним насосом магістральною рукавною лінією, між під'єднаними до розгалуження вихідними рукавними лініями. З позиції розрахунку напору в усій системі струминних потоків, можна стверджувати, що рукавні розгалуження відіграють роль місцевого понижувача напору, а із досвіду вітчизняних пожежних йдеться щонайменше про 5—8% втрат.

Нині застосування рукавних розгалужень для потреб ДСНС України регламентується відповідно до окремого ДСТУ [5]. Разом з тим, слід вказати, що одна із ключових характеристик рукавних розгалужень — коефіцієнт місцевого опору, визначається виключно дослідним шляхом. Фактично, йдеться лише про забезпечення виробником розгалуження тієї умови, щоб коефіцієнт місцевого опору рукавного розгалуження не перевищував встановленого ДСТУ граничного значення (для найуживанішого рукавного розгалуження РТ-70 він має не перевищувати значення 2).

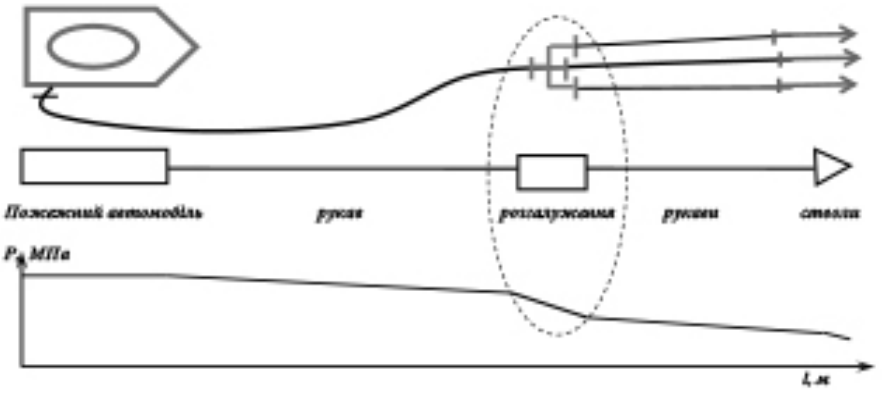

Рисунок 2 — Зміна тиску по довжині системи генерування струминних потоків

Така ситуація є характерною не тільки при застосуванні рукавних розгалужень підрозділами ДСНС України, але й при використанні їх відповідними структурами інших держав. Відтак можна стверджувати, що втратами напору на розгалуженні зазвичай нехтують чи, принаймні, не звертають на них особливої уваги.

Проте, у деяких випадках, значення тиску на кінцевому елементі системи генерування струминних потоків — пожежних стволах, має принципове значення з позиції можливості забезпечення отримання оптимального виду вогнегасного струменя. Так, особливості конструкції перспективної вітчизняної розробки — ручного диспергувального пожежного ствола, розробленого на основі використання гідроімпульсних систем, створеного в Управлінні аварійно-рятівних робіт у Дніпропетровській області близько 15 років тому, так і не дозволили знайти йому належного застосування, оскільки було складно забезпечити «потрапляння у необхідний для даного ствола вузький діапазон робочого тиску». Зазначений ствол має унікальні технічні характеристики, дає змогу здійснювати гідроударне розпилення високошвидкісних дальнобійних потоків рідин, а підвищення ефекту гасіння здійснюється через отримання розпилених струменів із розміром крапель 100—400 *мкм*, подаючи вогнегасну рідину на відстань до 40 *м*, витрачаючи при цьому для ручного ствола близько 70 *л/хв*, тим не менш його використання ускладнюється тим, що важко спрогнозувати для існуючої схеми генерування струминних потоків (рисунок 2) точне значення тиску на стволі. Визначальний вплив у даному випадку має рукавне розгалуження, коефіцієнт місцевого опору якого знаходиться у досить широкому діапазоні значень.

Основна частина

Забезпечення важливих для рятувальників 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 є визначальною умовою ефективного пожежогасіння. Сформований гідравлічний струмінь залежить від значення тиску на виході системи генерування струминних потоків (вогнегасних струменів), а тиск безпосередньо залежить від типу та кількості застосовуваних розгалужень.

Загалом питання теоретичного розрахунку характеристик розгалужень детально описані в науковій літературі й отримали широке застосування у інженерній практиці. Перед усім йдеться про застосування розгалужень у системах складних трубопроводів. Основними розрахунковими задачами у такому випадку є визначення гідравлічних втрат, значення тисків й витрат рідини. Зазвичай складний трубопровід містить в собі як послідовні, так і паралельні типи з'єднання труб, ділянки звуження чи розширення та розгалуження. Зрозуміло, що у випадку послідовного з'єднання трубопроводів, витрата у всіх трубах буде однаковою, а загальна втрата напору дорівнюватиме сумі втрат напору в усіх послідовно з'єднаних трубах. Для випадку паралельного з'єднання витрата рідини до розгалуження складатиметься із витрат у кожній паралельно з'єднаній трубі, при цьому втрати напору в паралельних трубах будуть однакові.

Стосовно використання рукавних розгалужень у пожежній справі, важливим є врахування їх конструктивних особливостей (геометричних розмірів, кута зміни напрямку руху рідини, наявності зон раптового звуження тощо), що визначає їх тактико-технічні характеристики. У літературі щодо застосування рукавних розгалужень йдеться лише про необхідність урахування коефіцієнту гідравлічного опору, при цьому його значення надається без пояснень. Так, для основних типів застосовуваних у пожежній справі рукавних розгалужень значення коефіцієнту гідравлічного опору знаходиться у діапазоні від 1,5 до 6, що вказує на суттєві відмінності у випадку використання різних типів розгалужень.

Відомо, що втрати напору на місцеві опори, як і втрати на тертя, виражають в частках від швидкісного напору. Відношення втрати напору в даному місцевому опорі $h_{мо}$ швидкісному напору $\zeta^2/2g$ називається коефіцієнтом місцевого опору і позначається $\xi_{мо}$. При цьому w — швидкість потоку (зазвичай йдеться про середню швидкість по поперечному перетині труби). Важливо, що $\xi_{мо}$ — величина, що визначається дослідним шляхом.

Загалом коефіцієнт опору визначатиметься

$$\xi = \Delta p /(\rho w^2/ 2),$$

де Δp — втрата повного напору , ρ — густина вогнегасної речовини [6].

Урахування стисливості рідини за неусталеної течії в напірних трубопроводах систем пожежогасіння можна здійснити згідно пропозицій [7,8], а ексергетичний аналіз струминних потоків загалом — відповідно до [9].

У деяких випадках для визначення втрат напору пропонується користуватися схемою, коли кожний елемент може бути замінений на еквівалент по довжині гладкої труби, а провідні компанії світу в досліджуваній галузі навіть рекомендують відповідні онлайн-калькулятори [10]. Наприклад, для діаметру труби 80 *мм*, прямокутне коліно відповідає 4,8 *м* труби, радіальне коліно з радіусом в 2 діаметри — 1 *м* труби, поступове звуження до 50 *мм* — 2 *м* труби. Як правило, визначення значення коефіцієнта гідравлічного опору лінійної ділянки трубопроводу не спричиняє особливих труднощів [11-13].

Аналіз руху рідини по трубах, витрати рідини, втрати напору, врахування розгалужень можна здійснити, керуючись пропозиціями [14], де система розгалуження розглядається з позиції під'єднання до основної труби додаткових, які утворюють топологію дерева. Характеристики потоку залежать від конфігурації системи розгалуження, проте не йдеться про особливості обчислення коефіцієнта втрат у залежності від способу розгалуження.

Рукавні розгалуження, що використовуються підрозділами оперативно-рятувальної служби цивільного захисту, є обладнанням для подачі засобів гасіння від пожежного насосу до зони горіння. Серед рукавних розгалужень найбільшого поширення набули РТ-70, РТ-80 та РЧ-15, їх основні характеристики наведено у таблиці 1.

Розрахунок трубопроводу, або рукавної лінії, якщо вважати її стінки жорсткими, проводять з метою визначення напору, необхідного для подолання гідравлічного опору, що виникає при проходженні у ньому рідини, для забезпечення необхідної витрати рідини. Для розрахунку використовуються рівняння постійності витрати, Бернуллі, втрат напору, формули для визначення коефіцієнта Дарсі (коефіцієнта тертя) та числа Рейнольдса.

Втрати напору в трубопроводі у загальному випадку обумовлені як опором тертя (опором по довжині рукава), так і місцевими опорами, що передусім визначаються конструктивними особливостями застосовуваного обладнання, наприклад, розгалужень (рисунок 3). Зрозуміло, що втрати напору на розгалуженні необхідно враховувати, оскільки їх величина суттєво позначається на втратах напору всієї системи, окрім випадків, коли застосовуються доволі довгі ланцюги рукавних ліній.

Таблиця 1 — Характеристики вогнегасної рідини, що використовувалася

Параметри	Типорозмір розгалуження		
	РТ-70	РТ-80	РЧ-150
Умовний прохід вхідного патрубка, мм	70	80	150
Робочий гідравлічний тиск, МПа, не більше	1,2	1,2	0,8
Число вихідних патрубків	3	3	4
Умовний прохід вихідного патрубка, мм: (центрального/бічних)	70/50	80/50	80
Маса, г, не більше	5300	6300	19000
Зовнішній вигляд			

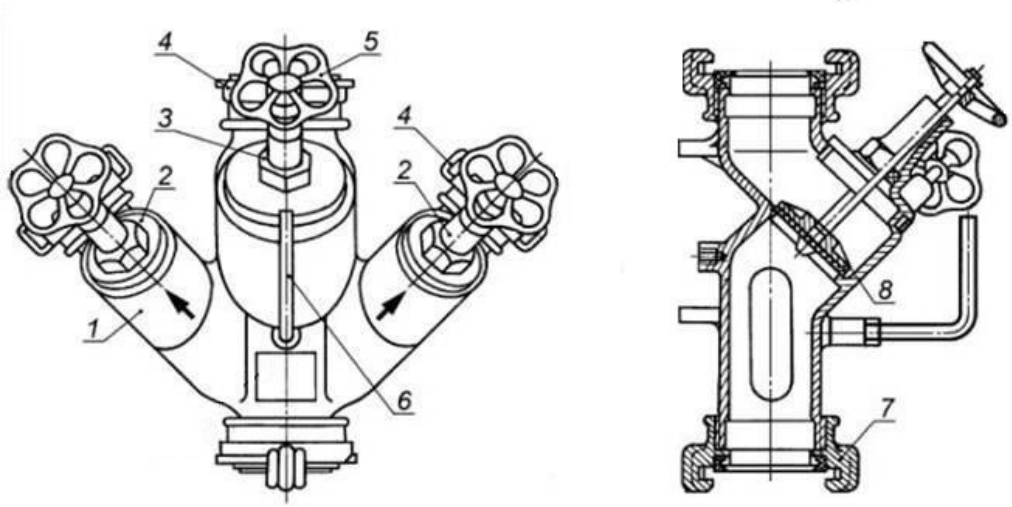

Рисунок 3 — Розгалуження рукавне РТ-70:1 — корпус, 2 – пристрій перекривання бічного вихідного патрубка, 3 — пристрій перекривання центрального вихідного патрубка, 4 — сполучна головка на вихідному патрубку, 5 — маховик, 6 — ручка, 7 — сполучна головка на вхідному патрубку, 8 — затворний клапан

Величиною або напрямком, окрім тертя виникають додаткові втрати напору внаслідок ударів, місцевих завихрень тощо й може бути визначено за формулою Вейсбаха

$$h_{мо}=\xi_{мо}\, w^2/2g \ ,$$

а для випадку застосування розгалуження використовують $h_{мо} = S_{мо}Q^2$. Зрозуміло, що при цьому витрати становитимуть $Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$.

Зазначимо, що даний етап досліджень не передбачає кроків щодо зменшення втрат напору у результаті використання рукавних розгалужень, а лише має наміром максимально точно враховувати (визначати) рівень даних втрат. У такому випадку може йтися про перспективи застосування тих технічних засобів системи генерування струминних потоків (їх кінцевих елементів), ефективність застосування яких суттєво залежить від діапазону можливих значень тиску вогнегасних рідин на їх вході, наприклад, ручного диспергувального пожежного ствола.

Висновки

Оскільки струмино-формувальні пристрої (стволи, насадки, розпорошувачі тощо) різняться за їх робочими тисками та витратами рідини, які вони забезпечують, важливим є проведення подальших досліджень щодо коефіцієнту місцевого опору різних типів рукавних розгалужень, визначення можливості зменшення втрат напору

в результаті їх застосування. У подальшому планується здійснити комп'ютерне моделювання процесу витікання рідини через основні типи рукавних розгалужень, а також провести натурні експерименти з їх використанням для надання рекомендацій щодо визначення, врахування й, можливо, коригування значень коефіцієнтів місцевого опору різних типів рукавних розгалужень.

Література

1. Аварійно-рятувальна, інженерна та протипожежна техніка: методичні рекомендації щодо застосування техніки під час ліквідації надзвичайних ситуацій призначені для курсантів, студентів, слухачів заочного відділення, які навчаються в учбових закладах пожежно-технічного спрямування / Укладачі: А.Г. Кутявін, В.В. Охрименко, Д.Л. Соколов — Х.: НУЦЗУ, 2012. — 88 с.

2. Myers, F. R. The Benefits of Standard Starting Engine Pressure. / Fire apparatus & Emergency Eguipment. Volume 23. Issue 3. — 08.01.2018. http://www.fireapparatusmagazine.com/articles/2018/01/myers-standard-starting-pumper-pressure.html

3. Avsec, R. 5 things firefighters must know about nozzles / FireRescue1. 29.10.2015. - https://www.firerescue1.com/fire-products/water-supply/nozzles/articles/21663018-5-things-firefighters-must-know-about-nozzles/

4. McLoone, V. Units Reach 49,000-gpm Flow at New Jersey Large Flow Evolution/ Fire apparatus & Emergency Eguipment. Volume 23. Issue 3. — 13.11.2017. http://www.fireapparatusmagazine.com/articles/print/volume-22/issue-11/features/units-reach-49-000-gpm-flow-at-new-jersey-large-flow-evolution.html ДСТУ 2111-92 (ГОСТ 8037-93) Розгалуження рукавні. Технічні умови.

5. Idelchik, I.E. Handbook of Hydraulic Resistance, 4th Edition Revised and Augmented Research Institute for Gas Purification, Moscow, Russia, 861 pages.

6. Яхно, О.М. Дестабилизация потока в канале с изменяющимся по длине расходом [Текст] / О. М. Яхно, Н. В. Семинская, Д. В. Колесников, С. В. Стась // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2014. — Т. 3, № 7 (69). — С. 45—49. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24658.

7. Яхно, О. М. Врахування стисливості рідини за неусталеної течії в напірних трубопроводах систем пожежогасіння [Текст] / О.М. Яхно, С.В. Стась, Р.М. Гнатів // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2015. — № 3 (7). — С. 38—42.

8. Стась, С.В. Эксергетический анализ струйных потоков / С.В. Стась, Н.Г. Шкарабура, О.М. Яхно // Вісник Кременчуцького Державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. — 2008. — № 2 (49). — Ч. 2, С. 114—119.

9. Calculation of pressure drop in pipework /http://www.kaeser.com/int-en/services/know-how/calculator/pressure-drop/ J.M. McDonough, 2004. Lectures in Elementary Fluid Dynamics: Physics, Mathematics and Applications, University of Kentucky, Lexington.

10. Kudela, H., Hydraulic losses in pipes, http://fluid.itcmp.pwr.wroc.pl/~znmp (6.10.2012).

11. Kuliev, S.Z. An approach to determining the hydraulic resistance coefficient of a pipeline section under an unsteady flow regime / Journal of Applied and Industrial Mathematics, April 2015, Volume 9, Issue 2, pp 241—250.

12. Jeppson, Roland W. Steady Flow Analysis of Pipe Networks: An Instructional Manual (1974). Reports. Paper 300.

References

1. Avariino-riatuvalna, inzhenerna ta protypozhezhna tekhnika: metodychni rekomendatsii shchodo zastosuvannia tekhniky pid chas likvidatsii nadzvychainykh sytuatsii pryznacheni dlia kursantiv, studentiv, slukhachiv zaochnoho viddilennia, yaki navchaiutsia v uchbovykh zakladakh pozhezhno-tekhnichnoho spriamuvannia / Ukladachi: A.H. Kutiavin, V.V. Okhrymenko, D.L. Sokolov — Kh.: NUTsZU, 2012. — 88 s.

2. Myers, F. R. The Benefits of Standard Starting Engine Pressure. / Fire apparatus & Emergency Eguipment. Volume 23. Issue 3. — 08.01.2018. http://www.fireapparatusmagazine.com/articles/2018/01/myers-standard-starting-pumper-pressure.html.

3. Avsec, R. 5 things firefighters must know about nozzles / FireRescue1. 29.10.2015. - https://www.firerescue1.com/fire-products/water-supply/nozzles/articles/21663018-5-things-firefighters-must-know-about-nozzles/

4. McLoone, V. Units Reach 49,000-gpm Flow at New Jersey Large Flow Evolution/ Fire apparatus & Emergency Eguipment. Volume 23. Issue 3. — 13.11.2017. http://www.fireapparatusmagazine.com/articles/print/volume-22/issue-11/features/units-reach-49-000-gpm-flow-at-new-jersey-large-flow-evolution.html DSTU 2111-92 (HOST 8037-93) Rozghaluzhennia rukavni. Tekhnichni umovy.

5. Idelchik, I. E. Handbook of Hydraulic Resistance, 4th Edition Revised and Augmented Research Institute for Gas Purification, Moscow, Russia, 861 pages

6. Yakhno, O. M. Destabilizaciya potoka v kanale s izmenyayushchimsya po dline raskhodom [Tekst] / O. M. Yakhno, N. V. Seminskaya, D. V. Kolesnikov, S. V. Stas // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tekhnologij. — 2014. — T. 3, № 7 (69). — S. 45—49. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24658

7. Yakhno, O. M. Vrakhuvannia styslyvosti ridyny za neustalenoi techii v napirnykh truboprovodakh system pozhezhogasinnia [Tekst] / O.M. Yakhno, S.V. Stas, R.M. Gnativ // Vostochno-Evropeiskyi zhurnal peredovykh tekhnologiy. — 2015. — № 3 (7). — S. 38—42.

8. Stas, S. V. Eksergeticheskij analiz strujnyh potokov / S.V. Stas, N.H. Shkarabura, O.M. Yakhno // Visnyk Kremenchutskoho Derzhavnoho politekhnichnoho universytetu imeni Mykhaila Ostrohradskoho. — 2008. —- № 2 (49), Ch. 2, S. 114-119.

9.Calculation of pressure drop in pipework /http://www.kaeser.com/int-en/services/know-how/calculator/pressure-drop/McDonough, J.M. Lectures in Elementary Fluid Dynamics: Physics, Mathematics and Applications, University of Kentucky, Lexington. 2004.

10. Kudela, H., Hydraulic losses in pipes,http://fluid.itcmp.pwr.wroc.pl/~znmp (6.10.2012)

11. Kuliev, S.Z. An approach to determining the hydraulic resistance coefficient of a pipeline section under an unsteady flow regime / Journal of Applied and Industrial Mathematics, April 2015, Volume 9, Issue 2, pp 241—250.

12. Jeppson, Roland W. Steady Flow Analysis of Pipe Networks: An Instructional Manual" (1974). Reports. Paper 300.

Надійшла 13.05.2018

УДК 614.84 621.9.048

Особенности движения воды и водных растворов пенообразователей через рукавные разветвления

С. В. Стась

Цель. Определить влияние рукавных разветвлений в системе генерирования струйных потоков на базе пожарной автоцистерны на гидравлические потери, значения давлений и расход жидкости.

Методы исследования. Применены методы прямого анализа и синтеза с выявлением свойств отдельных частей объекта и фиксации сведений о нем, обратный анализ и синтез использован для изучения сущности исследуемого явления и предположении о роли разветвления как местного понизителя напора. Закон тождества предлагается для определения потерь напора при использовании схемы, когда каждый элемент может быть заменен на его эквивалент по длине гладкой трубы.

Результаты исследования. Показано как изменяется значение давления вдоль системы генерирования струйных потоков на базе пожарной автоцистерны. Поскольку сейчас при применении рукавных разветвлений речь идет лишь о необходимости учета коэффициентов их гидравлического сопротивления, а соответственные значения предоставляются без объяснений, предложено провести исследования важнейших типов разветвлений с целью выявления особенностей, которые являются определяющими факторами влияния на значения коэффициентов гидравлического сопротивления.

Выводи. С позиции расчета напора во всей системе струйных потоков, можно утверждать, что рукавные разветвления играют роль местного понизителя напора.

Ключевые слова: рукавное разветвления, коэффициент гидравлического сопротивления, струйный поток, огнетушащая жидкость, потери напора.

UDK 614.84 621.9.048

Moving features of water and aqueous solutions of foaming agent through the branching

S. V. Stas

Aim. Determine the influence of hose branches in the system for generating jet streams on the base of a tank apparatus for hydraulic losses, the importance of pressure and flow rate of the liquid.

Research methods. Methods of direct analysis and synthesis with the identification of properties of separate parts of the object and recording information about it are applied, backward analysis and synthesis for studying the essence of the phenomenon under analysis and assumption about the role of branching as local pressure reducing device are used. Identity law is proposed for defining losses of pressure using the scheme, when every element can be replaced to the identical one along the length of the smooth pipe.

Results of research. It is shown how the pressure changes along the system for generating jet streams on the base of a tank apparatus. Thus wise, nowadays using hose branches only the necessity of taking into account their coefficients of hydraulic resistance is meant, and their meanings are given without explanation, it was offered to conduct a study of the most common types of branches in order to identify features, which are the determining factors of influence on the values on coefficients for hydraulic resistance.

Conclusions. From the position of calculation pressures in the entire system of jet streams, we can affirm that the hose branches play the role of a local pressure dropper.

Keywords: hose branch, coefficient of hydraulic resistance, jet stream, extinguishing liquid, loss of pressure.