

С. В. СТАСЬ, А. О. БИЧЕНКО, М. О. ПУСТОВІТ, О. І. МИГАЛЕНКО, Д. В. КОЛЕСНИКОВ

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖНИХ РУКАВІВ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПОЖЕЖНОГО СТВОЛА PROTEK 366

З метою транспортування води та робочих розчинів піноутворювачів до осередку пожежі при гасінні великих пожеж, або пожеж з віддаленими вододжерелами зазвичай прокладаються магістральні рукавні лінії. Їх складовими є окремі напірні пожежні рукави, вони бувають різного діаметру. У результаті їх експлуатації при транспортуванні вогнегасних речовин пожежні рукави можуть змінювати свої геометричні параметри, перед усім довжину. Для різних типів рукавів та їх різних діаметрів встановлено, що під дією гідродинамічного тиску відбувається їх подовження. У деяких випадках при застосуванні заглушки на кінці пожежного рукава коефіцієнт відносного подовження пожежних рукавів складає 1,04. Для дослідження були використані 3 типи рукавів: рукави напірні пожежні латексні діаметрами 51 мм та 77 мм типу Т та рукави пожежні напірні із двостороннім полімерним покриттям діаметрами 51 мм типу Т, всі рукава раніше використовувалися під час реальної роботи пожежних розрахунків. Результати, представлені у роботі, є усередненням кожного з трьох типів рукавів. Експерименти проводилися за нормальних умов на відкритому повітрі із використанням пожежного ствола Protek 366 за умови сталості витрати рідини й різних значень тиску на його вході. Пожежні рукава розміщувалися на горизонтальній поверхні. Величина подовження пожежних рукавів при транспортуванні ними води залежала від фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені, тиску рідини на їх вході й витрати. Максимальне подовження (62 см при довжині рукава 1960 см, відносно подовження становило 0,032) було зафіксоване при транспортуванні води пожежним рукавом діаметром 77 мм при тиску на його вході 1,0 МПа та витраті 1,9 л/с, питання зміни втрат напору за довжиною не розглядалися. Суттєвих змін діаметрів пожежних рукавів зафіксовано не було.

Ключові слова: пожежний рукав, рукавна лінія, транспортування води, вогнегасна рідина, повздовжня деформація, гідродинамічний тиск.

S. STAS, A. BYCHENKO, M. PUSTOVIT, O. MYHALENKO, D. KOLESNIKOV

EXPERIMENTAL RESEARCH OF GEOMETRIC PARAMETERS CHANGE OF THE OF FIRE HOSES WHEN USING THE PROTEK 366 NOZZLE

Main hose lines are usually laid to transport water and working solutions of foaming agents to the centre of the fire when extinguishing large fires or fires with hydrants for remote control. Their components are separate pressure fire hoses and they come in different diameters. As a result of their operation during the fire extinguishing substances transportation, fire hoses change their geometric parameters primarily their length. For different types of hoses and their different diameters, it has been established that their elongation occurs under hydrodynamic pressure. In some cases, when using a plug at the end of a fire hose, the relative elongation coefficient of fire hoses was 1,04. 3 types of hoses were used for the research: latex fire hoses with diameters of 51 mm and 77 mm type T and fire hoses with double-sided polymer coating with diameters of 51 mm type T. All hoses were previously used during the real work of fire calculations. The results presented in the paper are an averaging of each of the three hose types. The experiments were carried out under typical conditions in the open air using a Protek 366 fire barrel under constant fluid flow and different pressure values at its inlet. Fire hoses were placed on a horizontal surface. The elongation of fire hoses when they transport water depends on the physical and mechanical properties of the materials from which they are made, the pressure of the liquid at their inlet and consumption. The maximum elongation (62 cm with a hose length of 1960 cm, the relative elongation was 0,032) was recorded when transporting water with a fire hose in diameter of 77 mm at a pressure at its inlet of 1,0 MPa and a flow rate of 1,9 l/s. The questions of the change in head loss along the length were not considered. There were no significant changes in the diameters of fire hoses.

Keywords: fire hose, hose line, water transportation, fire extinguishing liquid, longitudinal deformation, hydrodynamic pressure.

Вступ та аналіз основних досліджень. При використанні пожежних рукавів спостерігаються ті самі явища, що властиві звичайним трубопроводам, такі як втрати напору по довжині, гідроудари тощо. У пожежній справі особлива увага приділяється втратам напору по довжині рукавних ліній і, власне, довжина рукавних ліній обмежується як можливостями пожежних насосів, так і втратами напору в рукавних лініях. Дослідження параметрів пожежних рукавів при транспортуванні ними вогнегасних рідин ускладнене суттєвим розширенням номенклатури застосовуваних типів рукавів.

У Черкаському інституті пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України було здійснено дослідження особливостей поведінки пожежних рукавів під час подачі ними вогнегасних речовин [1]. Перед усім були вивчені питання зміни їх геометричних параметрів, а саме довжини й діаметрів. В роботі [1] представлені результати вимірювання основних геометричних параметрів декількох видів

пожежних рукавів при транспортуванні води (їх зовнішнього діаметра і довжини). Були використані 3 типи рукавів, зразки відібрано випадковим чином, всі рукава раніше використовувалися під час реальної роботи пожежних розрахунків. Кожного з типів рукавів було взято по 6 одиниць. Результати, представлені в роботі [1], є усередненням для кожного з трьох типів рукавів. Найбільше значення зміни довжини з використанням заглушки на кінці пожежного рукава (без застосування пожежного ствола PROTEK 366) було зафіксовано при генеруванні потоку вогнегасної рідини для рукавів діаметром 77 мм при тиску на вході 0,8 МПа. Зміна довжини складала в середньому 790 мм, а відносно подовження становило 0,04 при середньому значенні початкової довжини рукавів 2011 см [1].

Зазначені вище результати дослідження поведінки пожежних рукавів під час подачі ними вогнегасних речовин [1] здійснювалися без використання струминоформувального пристрою – пожежного ствола, що деякою мірою спотворювало

значення реальних змін геометричних параметрів рукавів при їх застосуванні під час ліквідації пожеж.

Для виправлення ситуації було прийнято рішення використовувати пожежні стволи, що широко застосовуються практичними підрозділами оперативно-рятувальної служби ДСНС України – стволи PROTEK 366 (рис. 1).

Відповідно до даних офіційного представника компанії Протек в Україні [2] пожежний ствол PROTEK 366 має 4 фіксовані значення витрати, дозволяючи раціонально регулювати витрату рідини (води) від 1,9 до 7,9 л/с (115–230–360–475 л/хв) і форму струменя в залежності від умов роботи. При цьому досягається фактичне уникання надмірної витрати води, суміщення параметрів стволів типів А та Б із захистом ствола, тобто функціонування у режимі повного розпилення у якості «захисного екрану» [2].

Хоч явище «розтягування» пожежних рукавів при транспортуванні ними вогнегасних рідин є відомим, врахування величини подовження для пожежних може бути корисним при створенні нових засобів пожежогасіння [3, 4], у системах автоматичного водяного пожежогасіння [5, 6], так і при використанні пожежних рукавів [7] або спеціальних пожежних стволів та насадок [8, 9], або, наприклад, у випадках моделювання тривимірної поведінки гідравлічних рукавів під тиском при транспортуванні деяких рідин [10].

Особливості вимірювань геометричних параметрів пожежних рукавів при застосуванні пожежного ствола Protek 366 та отримані при цьому результати. Механізми розрахунку насосно-рукавних систем, що базуються на гідравлічних методиках розрахунків, повинні враховувати такі особливості напірних рукавів, як зміна їх діаметрів та довжин при транспортуванні вогнегасних речовин до пристрою формування струменя – пожежного ствола чи насадки [1]. Важливо, що у роботі [1] йшлося про деяке, хоч і несуттєве, потовщення рукавів, проте на практиці було зафіксоване як деяке збільшення їх діаметра, так і звуження. Разом із тим, величини змін діаметрів залишалися в межах похибки обраного способу вимірювань.

Для розрахунку втрат напору в пожежних рукавах використовують значення питомого гідравлічного опору одного метра пожежного рукава певного діаметра і значення гідравлічного опору стандартного пожежного рукава довжиною 20 метрів визначеного діаметра. Для практичних розрахунків найчастіше використовують значення гідравлічного опору одного пожежного рукава [1].

Для проведення експериментів були вибрані випадковим чином пожежні рукави: рукава напірні пожежні латексні діаметром 51 мм; рукава напірні латексні пожежні діаметром 77 мм тип Т; рукава пожежні напірні із двостороннім полімерним покриттям 51 мм тип Т. Кожного із трьох обраних типів рукавів було взято по 6 одиниць. Далі подаються результати експериментів для усереднених значень геометричних параметрів кожного із типів рукавів.

Дослідження проводилися за нормальних умов при температурі близько 20 °С, на горизонтальній поверхні.

Як і у попередніх дослідженнях [1] ми не вказуємо виробників пожежних рукавів, а лише їх тип. Основною відмінністю у проведенні даних експериментів по відношенню до [1] стало використання пожежного ствола PROTEK 366 у різних режимах його застосування при формуванні суцільного водяного струменя. Відповідно до чотирьох фіксованих значень витрати рідини для пожежного ствола PROTEK 366 були обрані 1,9–3,8–6,0–7,9 л/с (при номінальному тиску 0,7 МПа). Досліджувані рукави розташовувалися на горизонтальній поверхні після рукава довжиною 20 м, що був під'єднаний до пожежної автоцистерни.

При проведенні експериментів із використанням пожежного ствола PROTEK 366 забезпечувалась сталість витрати рідини, а режими «захисного екрану» й промивання не застосовувалися, тобто ствол «працював» у режимі формування суцільного струменя сталої у межах кожного експерименту витрати.



Рис. 1. Дослідження зміни геометричних параметрів пожежних рукавів при час застосування пожежного ствола Protek 366

Заміри товщин та довжин напірних пожежних рукавів проводилися ідентично до попередніх досліджень (рис. 2) [1].



Рис. 2. Визначення геометричних параметрів досліджуваних пожежних рукавів (зміна діаметра):

- 1 – рукав напірний пожежний латексний діаметром 51 мм тип Т; 2 – рукав пожежний напірний із двостороннім полімерним покриттям 51 мм тип Т; 3 – рукав напірний латексний пожежний діаметром 77 мм тип Т [1]

У результаті проведених досліджень встановлено, що потовщення рукава було несуттєвим. Більш того, у деяких випадках зафіксовано звуження рукава. Однак, відповідно до способів здійснення замірів та застосованих засобів, можна вважати, що встановлені значення змін діаметрів не перевищували похибки вимірів. Тому можна вважати, що діаметри обраних для проведення досліджень пожежних рукавів залишаються незмінними у всьому діапазоні застосованих тисків та витрат вогнегасної речовини – води.

Відповідно до технічних характеристик пожежного ствола PROTEK 366 витрата води

обиралась дискретно 1,9–3,8–6,0–7,9 л/с (115–230–360–475 л/хв), а тиск перед стволом 0,2–0,4–0,6–0,8–1,0 МПа.

Результати експериментів для трьох типів пожежних рукавів подано на рис. 3.

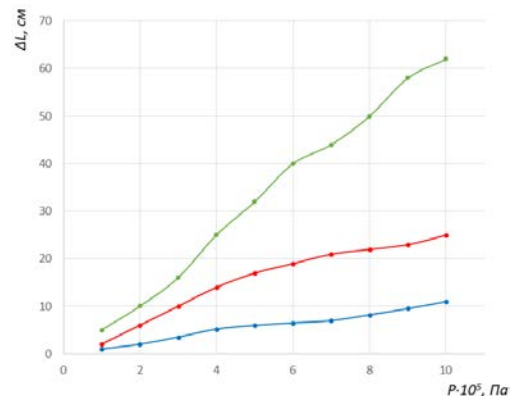


Рис. 3. Картина змін довжин досліджуваних пожежних рукавів при застосуванні пожежного ствола PROTEK 366: 1 – рукав напірний пожежний латексний діаметром 51 мм тип Т; 2 – рукав напірний латексний пожежний діаметром 77 мм тип Т; 3 – рукав пожежний напірний із двостороннім полімерним покриттям 51 мм тип Т

Максимальне подовження було зафіксоване при генеруванні потоку вогнегасної рідини з використанням рукава діаметром 77 мм при тиску на його вході 1,0 МПа та витраті близько 1,9 л/с. Зміна довжини склала 620 мм (рис. 3, 4). Таким чином, для даного рукава відносно подовження становило 0,032 (довжина досліджуваного рукава – 1960 см). Зазначимо, що відповідно до чинного ДСТУ 9069:2021 «Протипожежна техніка. Рукави пожежні плоскоскладані для пожежно-рятувальних автомобілів. Загальні вимоги та методи випробування» навіть найбільше серед визначених у дослідженні значень відносного подовження (0,032) відповідає чинним вимогам до застосування пожежних рукавів.

У подальшому заплановано перевірити досліджувані типи рукавів на максимальний розтяг без транспортування ними води, можливо із застосуванням розривної випробувальної машини з електрогідравлічним або електромеханічним пристроями навантаження.

Такі дослідження мають на меті сприяти визначенню деяких оптимальних режимів експлуатації пожежних рукавів, оскільки їх розтяг по довжині та розтяг/звуження по товщині при транспортуванні рідин разом із механічними пошкодженнями під час експлуатації врешті-решт призводять до їх виходу з ладу.

Картина зміни довжини рукава напірного латексного пожежного діаметром 77 мм типу Т при застосуванні пожежного ствола PROTEK 366 подана на рис. 5.

Відповідно до рекомендацій щодо застосування досліджуваних типів рукавів значення максимального тиску на вході пожежного ствола PROTEK 366 не перевищувало 1,0 МПа. Подальше зростання значення

тиску фактично не впливає на збільшення дальності генерування водяного струменя, тому не має практичного сенсу для даного типу пожежного ствола й більш за все буде призводити до подальшого подовження рукавів.

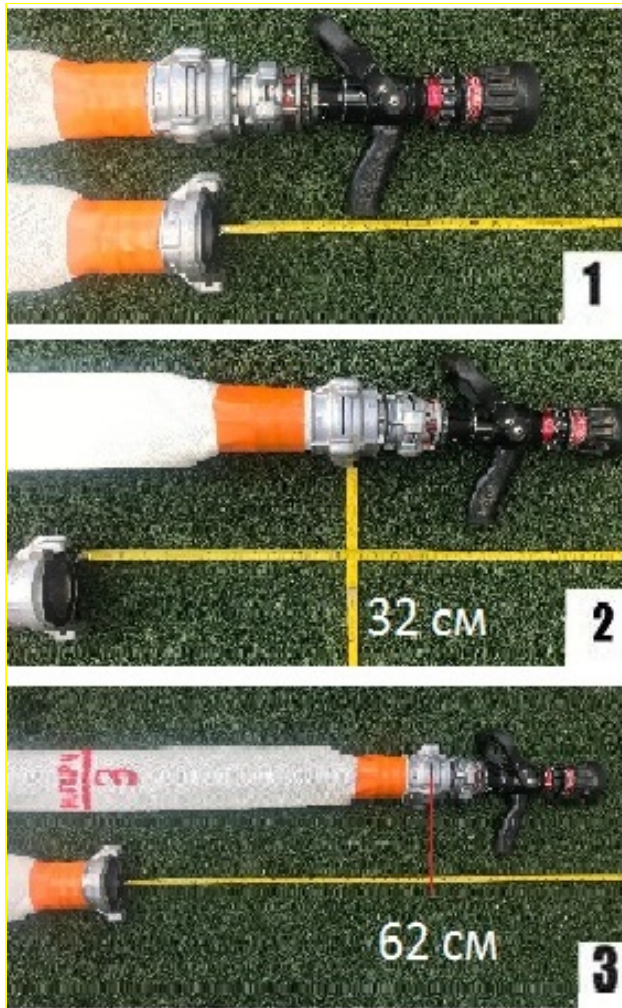


Рис. 4. Вимірювання геометричних параметрів рукавів напірних латексних пожежних діаметром 77 мм типу Т (зміни довжини) при застосуванні пожежного ствола PROTEK 366:

- 1 – фіксація початкового стану; 2 – порівняльне збільшення довжини рукава при витраті 475 л/хв і тиску 1,0 МПа; 3 – порівняльне збільшення довжини рукава при витраті 115 л/хв і тиску 0,4 МПа

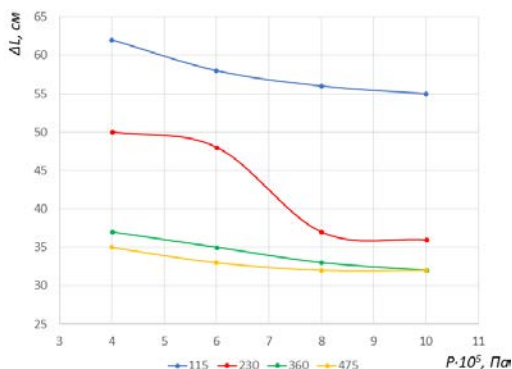


Рис. 5. Картина зміни довжини рукава напірного латексного пожежного діаметром 77 мм типу Т при застосуванні пожежного ствола PROTEK 366

Висновки. Проведені експерименти дали можливість стверджувати про незначні зміни діаметрів досліджуваних пожежних рукавів, що не чинять суттєвого впливу на процес транспортування вогнегасних рідини до пожежних стволів чи насадок. Окрім того, встановлені значення змін діаметрів не перевищували значень похибки вимірів.

Встановлені факти подовження досліджуваних пожежних рукавів. Максимальна зміна довжини спостерігалася при використанні заглушки на кінці рукавної лінії та потроху зменшувалася при зростанні витрати пожежного ствола за умови постійного значення тиску. Таким чином, можна стверджувати, що у зв'язку зі зміною витрати відбувається повздовжня деформація пожежного рукава, пов'язана із фізико-механічними властивостями матеріалу, з якого він виготовлений, передусім його пружністю. Іншою причиною подовження пожежного рукава є прояв гідродинамічного тиску, як величини, що характеризується середньоарифметичним значенням суми нормальних напружень у рідині.

Максимальне подовження було зафіксоване при генеруванні потоку вогнегасної рідини з використанням рукава діаметром 77 мм довжиною 1960 см при тиску на його вході 1,0 МПа та витраті 1,9 л/с, що відповідає вимогам чинних нормативних документів із експлуатації пожежних рукавів (відносне подовження склало 0,032).

Величина подовження пожежних рукавів при транспортування ними вогнегасних рідин (у проведених дослідженнях – води) залежить від фізико-механічних властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені, тиску рідини на їх вході й витрати. Залежність зміни геометричних параметрів пожежних рукавів при застосуванні пожежного ствола Protek 366 від температури не досліджувалася.

Список літератури

1. Стась С. В., Биченко А. О., Колесніков Д. В., Мигаленко О. І., Пустовіт М. О. Експериментальне дослідження зміни геометричних параметрів пожежних рукавів під час подачі вогнегасних речовин. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units.* Kharkiv: NTU "KhPI". 2021. No. 2. P. 39–42. doi: 10.20998/2411-3441.2021.2.06
2. *Ручний комбінований ствол 366. Офіційний представник Protek в Україні.* URL: <http://protektfire.com.ua/products/ruchnyie-stvoliyi/ruchnoy-kombinirovannyiy-stvol-366.html> (дата звернення: 04.07.2022).
3. Ando H., Ambe Y., Yamaguchi T., Yamauchi Y., Konyo M., Tadakuma K., Maruyama S., Tadokoro S. Fire extinguishment using a 4 m long flying-hose-type robot with multiple water-jet nozzles. *Advanced Robotics.* 2020. Vol. 34, issue 11. P. 700–714. doi: 10.1080/01691864.2020.1769723
4. Снитюк В. Є., Тимченко А. А., Стась С. В. Еволюційна парадигма проектування технічних систем. *Вісник Черкаського інженерно-технологічного інституту.* Черкаси: ЧІТІ. 2001. № 4. С. 104–108.
5. Stas S., Maglyovana T., Nyzhnyk T., Kolesnikov D., Strikalenko T. Improving the efficiency of water fire extinguishing systems operation by using guanidine polymers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2020. Vol. 1, no. 10 (103). P. 20–25. doi: 10.15587/1729-4061.2020.196881
6. Стась С. В. Анализ гидродинамических характеристик потока жидкости в специальных пожарных стволах и насадках щелевого типа. *Вісник Нац. техн. ун-ту України «КПІ». Сер.: Машинобудування.* Київ: НТУУ «КПІ». 2009. № 57. С. 139–142.

7. Yakhno O., Stas S., Gnativ R. Taking into account the fluid compressibility at its unsteady flow in pressure pipelines of fire extinguishing systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015. Vol. 3, no. 7 (75). P. 38–42. doi: 10.15587/1729-4061.2015.42447
8. Яхно О. М., Семинская Н. В., Колесников Д. В., Стась С. В. Дестабилизация потока в канале с изменяющимся по длине расходом. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2014. Т. 3, № 7 (69). С. 45–49. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24658
9. Стась С. В., Яхно О. М., Лаврухин Е. В. Особенности распределения скорости и давления водяной струи на выходе из пожарного ствола или насадки. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv: NTU "KhPI". 2020. No. 1. P. 31–35. doi: 10.20998/2411-3441.2020.1.05
10. Paidoussis M. The canonical problem of the fluid-conveying pipe and radiation of the knowledge gained to other dynamics problems across applied mechanics. *Journal of Sound and Vibration*. 2008. Vol. 310. P. 462–492.
11. Minas S., Paidoussis M., Daneshmand F. Experimental and analytical investigation of hanging tubular cantilevers with discharging axial and radial flow. *ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. Vol. 4A: *Dynamics, Vibration, and Control (3–9 November 2017, Tampa)*. Tampa, 2017. P. IMECE2017-70466, V04AT05A037. doi: 10.1115/IMECE2017-70466
12. paradyhma proektivannya tekhnichnykh system [Evolutionary paradigm of technical systems design]. *Visnyk Cherkas'koho inzhenerno-tehnolohichnoho instytutu* [Bulletin of Cherkasy Engineering and Technology Institute]. Cherkasy, ChITI Publ., 2001, no. 4, pp. 104–108.
13. Stas S., Maglyovana T., Nyzhnyk T., Kolesnikov D., Strikalenko T. Improving the efficiency of water fire extinguishing systems operation by using guanidine polymers. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020, vol. 1, no. 10 (103), pp. 20–25. doi: 10.15587/1729-4061.2020.196881
14. Stas' S. V. Analiz gidrodinamicheskikh kharakteristik potoka zhidkosti v spetsial'nykh pozharnykh stvolakh i nasadkakh shchelevogo tipa [Analysis of the hydrodynamic characteristics of fluid flow in special fire nozzles and slot-type nozzles]. *Visnyk Nats. tekhn. un-tu Ukrainy "KPI". Seriya: Mashynobuduvannya* [Bulletin of the National Technical University of Ukraine "KPI". Series: Engineering]. Kiev, NTUU "KPI" Publ., 2009, no. 57, pp. 139–142.
15. Yakhno O., Stas S., Gnativ R. Taking into account the fluid compressibility at its unsteady flow in pressure pipelines of fire extinguishing systems. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2015, vol. 3, no. 7 (75), pp. 38–42. doi: 10.15587/1729-4061.2015.42447
16. Yakhno O. M., Seminskaya N. V., Kolesnikov D. V., Stas' S. V. Destabilizatsiya potoka v kanale s izmenyayushchimsya po dlينه raskhodom [Destabilization of flow in the channel with variable flow length]. *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*. 2014, vol. 3, no. 7 (69), pp. 45–49. doi: 10.15587/1729-4061.2014.24658
17. Stas' S. V., Yakhno O. M., Lavrukhin E. V. Osobennosti raspredeleniya skorosti i davleniya vodyanoy strui na vykhode iz pozharnogo stvola ili nasadki [Features of speed distribution and pressure of a water jet in the area of outflow from branch pipe or nozzle]. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2020, no. 1, pp. 31–35. doi: 10.20998/2411-3441.2020.1.05
18. Paidoussis M. The canonical problem of the fluid-conveying pipe and radiation of the knowledge gained to other dynamics problems across applied mechanics. *Journal of Sound and Vibration*. 2008, vol. 310, pp. 462–492.
19. Minas S., Paidoussis M., Daneshmand F. Experimental and analytical investigation of hanging tubular cantilevers with discharging axial and radial flow. *ASME 2017 International Mechanical Engineering Congress and Exposition*. Vol. 4A: *Dynamics, Vibration, and Control (3–9 November 2017, Tampa)*. Tampa, 2017, p. IMECE2017-70466, V04AT05A037. doi: 10.1115/IMECE2017-70466
20. Stas' S. V., Bychenko A. O., Kolesnikov D. V., Myhalenko O. I., Pustovit M. O. Eksperymental'ne doslidzhennya zminy heometrychnykh parametriv pozhezhykh rukaviv pid chas podachi vohnehasnykh rehovyn [Experimental study of changes in the geometric parameters of fire hoses during the supply of extinguishing agents]. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Hydraulic machines and hydraulic units*. Kharkiv, NTU "KhPI" Publ., 2021, no. 2, pp. 39–42. doi: 10.20998/2411-3441.2021.2.06
21. *Ruchnyy kombinovanyy stvol 366. Ofitsiynyy predstavnyk Protek v Ukraini* [Manual combined barrel 366. Official representative of Protek in Ukraine]. Available at: <http://protektfire.com.ua/products/ruchnyie-stvoliyi/ruchnoy-kombinirovanniy-stvol-366.html> (accessed 04.07.2022).
22. Ando H., Ambe Y., Yamaguchi T., Yamauchi Y., Konyo M., Tadakuma K., Maruyama S., Tadokoro S. Fire extinguishment using a 4 m long flying-hose-type robot with multiple water-jet nozzles. *Advanced Robotics*. 2020, vol. 34, issue 11, pp. 700–714. doi: 10.1080/01691864.2020.1769723
23. Snytyuk V. Ye., Tymchenko A. A., Stas' S. V. Evolyutsiyna

Надійшла (received) 10.07.2022

Відомості про авторів / About the Authors

Стась Сергій Васильович (Stas Serhiy) – кандидат технічних наук, доцент, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, професор кафедри «Техніка та засоби цивільного захисту»; м. Черкаси, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6139-6278>; e-mail: stas_serhiy@yahoo.com

Биченко Артем Олексійович (Bychenko Artem) – кандидат технічних наук, доцент, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, начальник кафедри «Техніка та засоби цивільного захисту»; м. Черкаси, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3788-3268>; e-mail: artem_b2003@ukr.net

Пустовіт Михайло Олександрович (Pustovit Mykhailo) – Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, викладач кафедри «Техніка та засоби цивільного захисту»; м. Черкаси, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5313-1459>; e-mail: m.pustovit@gmail.com

Мигаленко Олексій Іванович (Myhalenko Oleksii) – кандидат економічних наук, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, старший викладач кафедри «Техніка та засоби цивільного захисту»; м. Черкаси, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2750-1556>; e-mail: muhalenko@rambler.ru

Колесніков Денис Валерійович (Kolesnikov Denys) – кандидат технічних наук, доцент, Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, доцент кафедри «Автоматичні системи безпеки та електроустановки»; м. Черкаси, Україна; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4068-3454>; e-mail: dekol@bigmir.net